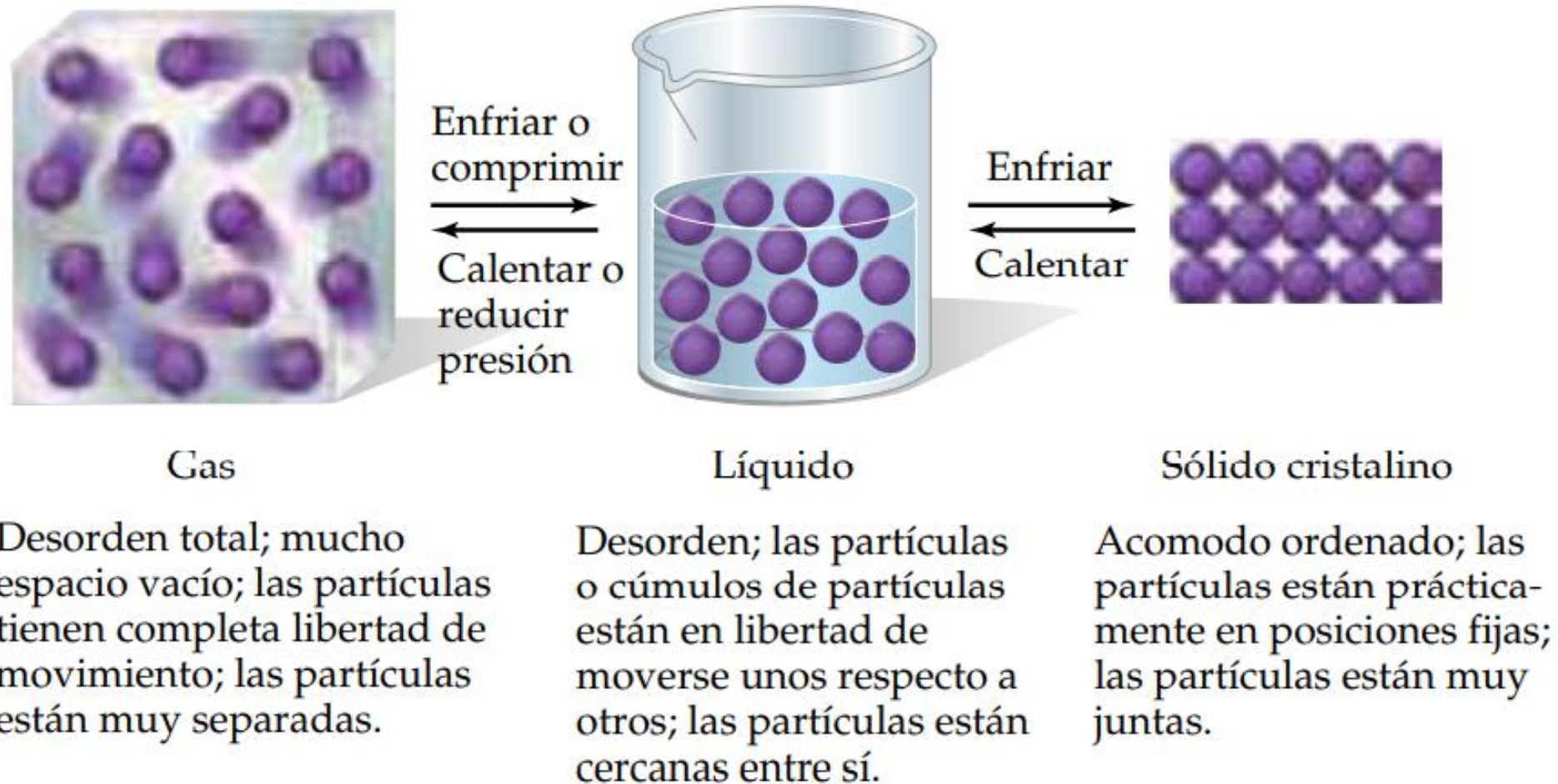


UNIDAD III

ENLACE QUÍMICO

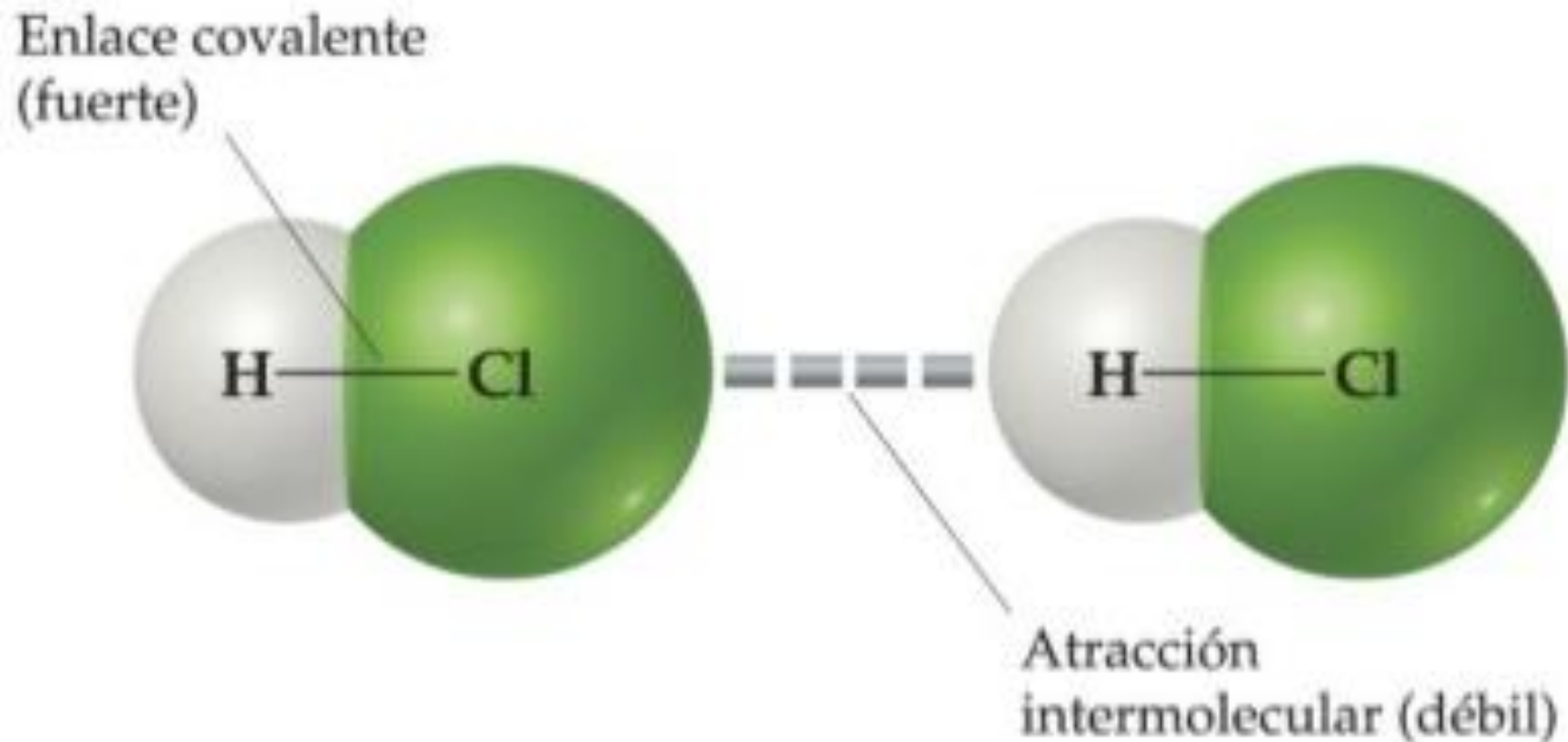
- 3.1 Tipos de enlaces químicos: iónico, covalente y metálico.
- 3.2 Propiedades de compuestos iónicos y covalentes. Electronegatividad.
- 3.3 Enlace iónico. Número de oxidación.
- 3.4 Enlaces covalentes polares y no polares.
- 3.5 Fórmulas de puntos de Lewis de iones poliatómicos y moléculas.
- 3.6 La regla del octeto y sus excepciones.
- 3.7 Concepto de resonancia.
- 3.8 Geometría molecular y momento dipolar.
- 3.9 **Fuerzas intermoleculares.**
- 3.10 Nomenclatura de compuestos inorgánicos: IUPAC y STOCK.

- Las fuerzas intermoleculares son fuerzas de atracción entre las moléculas.
- Son las responsables del estado físico en el que se presentan las distintas sustancias.



Fuerzas intermoleculares

- Por lo general son de menor intensidad que las fuerzas de enlace y pueden ayudar a predecir o determinar algunas de las propiedades físicas de las sustancias, por ejemplo, la densidad, el estado de agregación, el punto de fusión, el punto de ebullición, la solubilidad, la tensión superficial, etc.



FUERZAS INTERMOLECULARES

Compuestos iónicos

Presentan

Atracciones electrostáticas

Son

Fuerzas ión-ión

Fuerzas ión-dipolo inducido

Fuerzas ión- dipolo

Compuestos covalentes

Presentan

Atracciones intermoleculares

Son

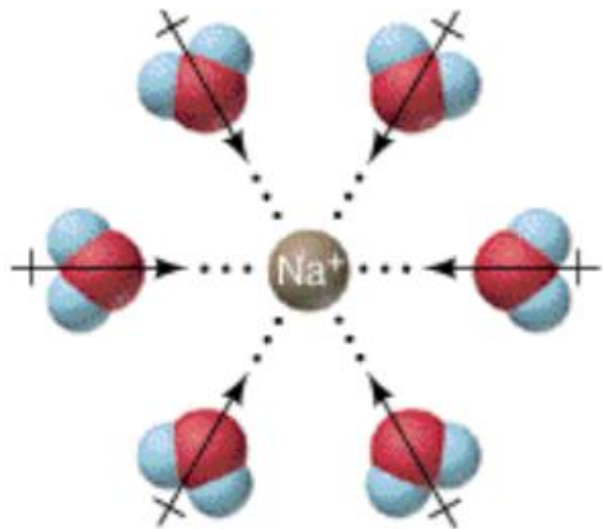
Fuerzas de Van der Waals

Atracción
dipolo-dipolo

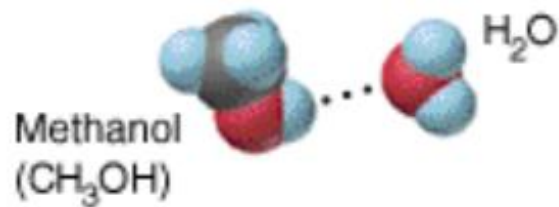
(Puente de hidrógeno)

Fuerzas de dispersión
(London)

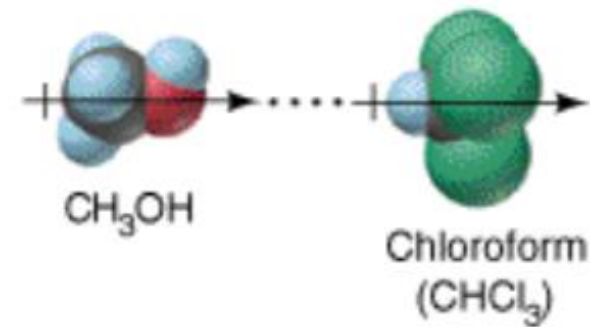
Atracción dipolo – dipolo inducido



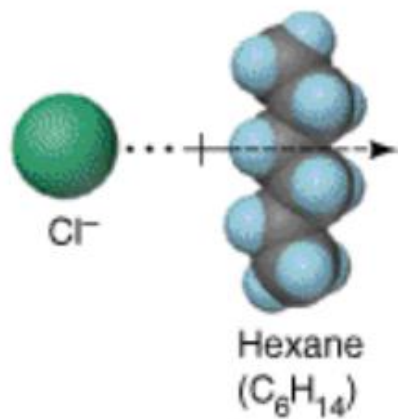
Ion-dipolo



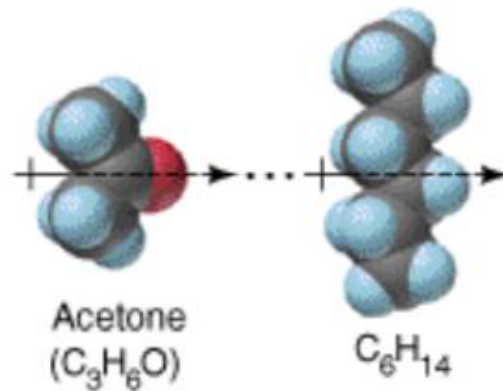
enlace de H



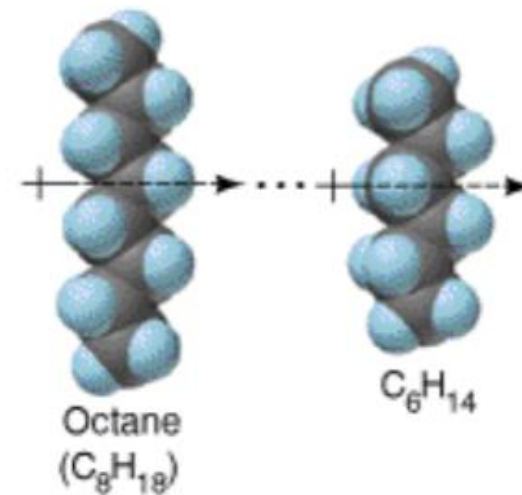
dipolo-dipolo



Ion - dipolo inducido



dipolo - dipolo inducido



dispersión

FUERZAS INTERMOLECULARES

- Fuerzas ión-dipolo
- Puentes de Hidrógeno
- Fuerzas dipolo-dipolo
- Fuerzas ión-dipolo inducido
- Fuerzas dipolo-dipolo inducido
- Dispersión de London

Energía (kJ/mol)

40-600

10-40

5-25

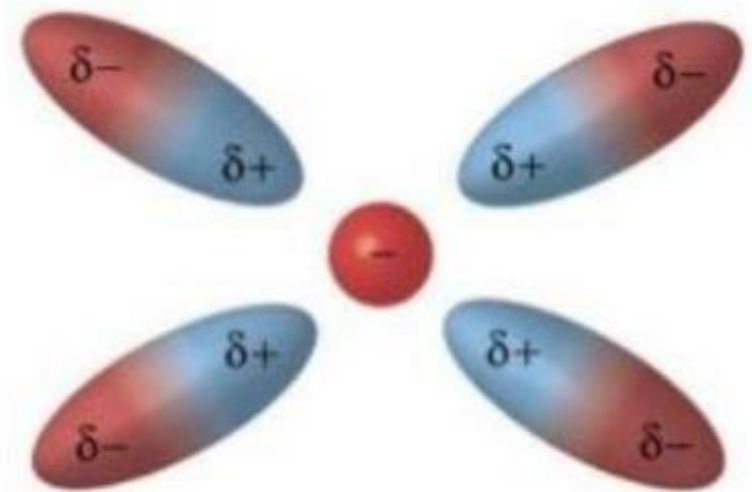
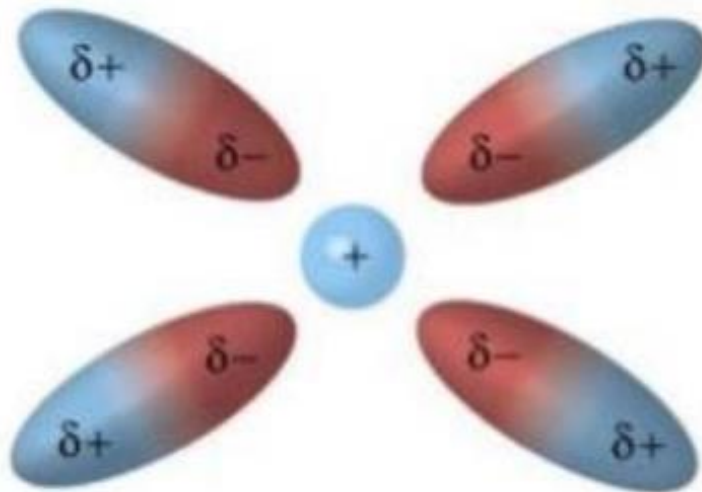
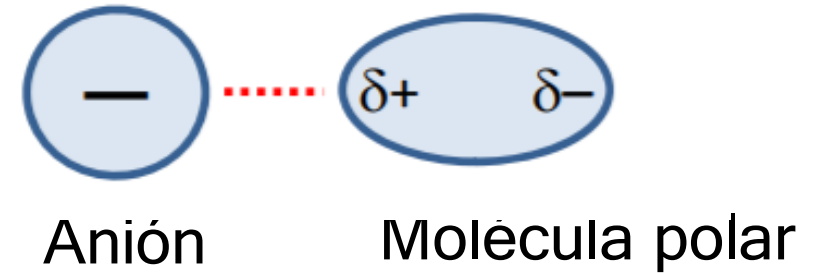
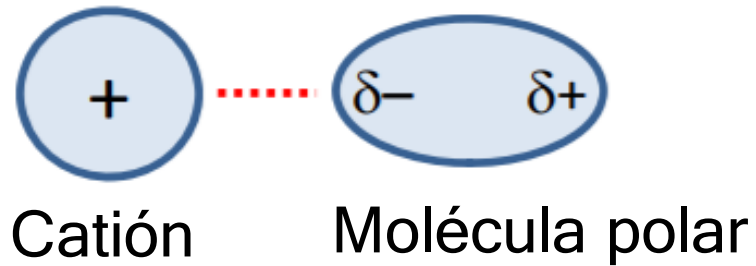
3-15

2-10

0,05-40

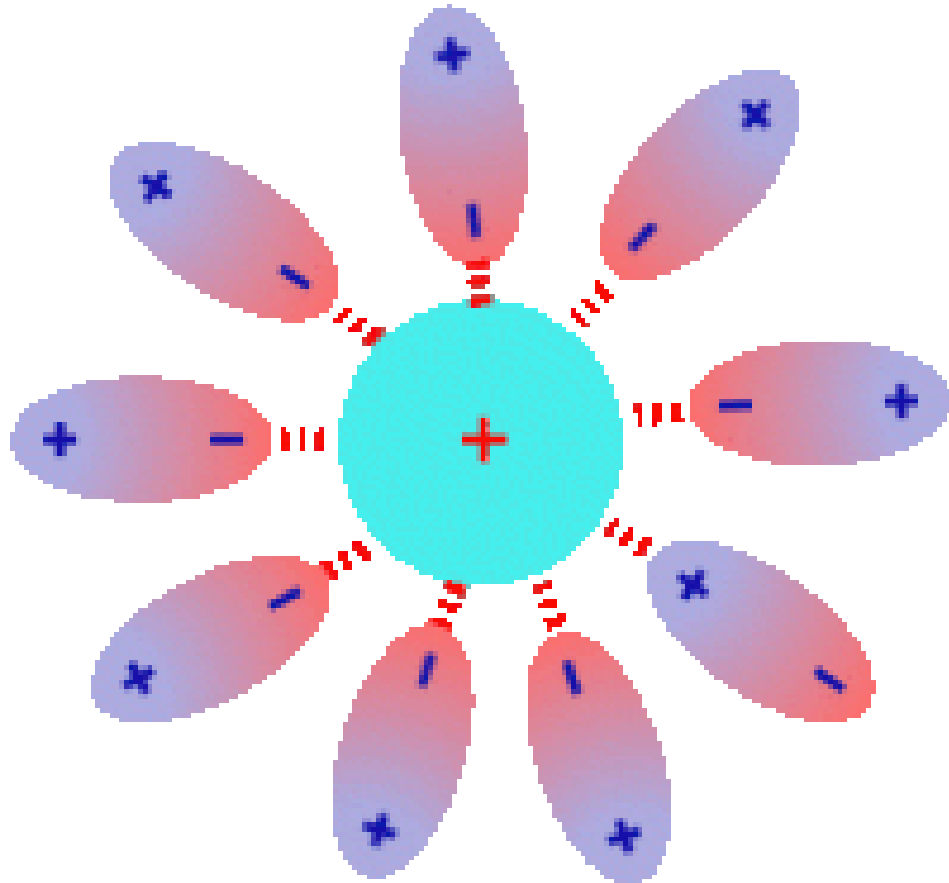
Fuerzas ion-dipolo

- Se producen entre un ion y una molécula polar o dipolo (molécula con momento dipolar permanente).
- Un ion atrae la carga parcial de un dipolo.



Fuerzas ion-dipolo

- Este tipo de interacciones explican la solubilidad de los compuestos iónicos y la hidratación de sus iones.



- La densidad de carga en los cationes suele ser mucho mayor que en los aniones, al ser estos más grandes. En consecuencia, con una carga de igual magnitud, un catión experimenta una interacción mayor con un dipolo que un anión.

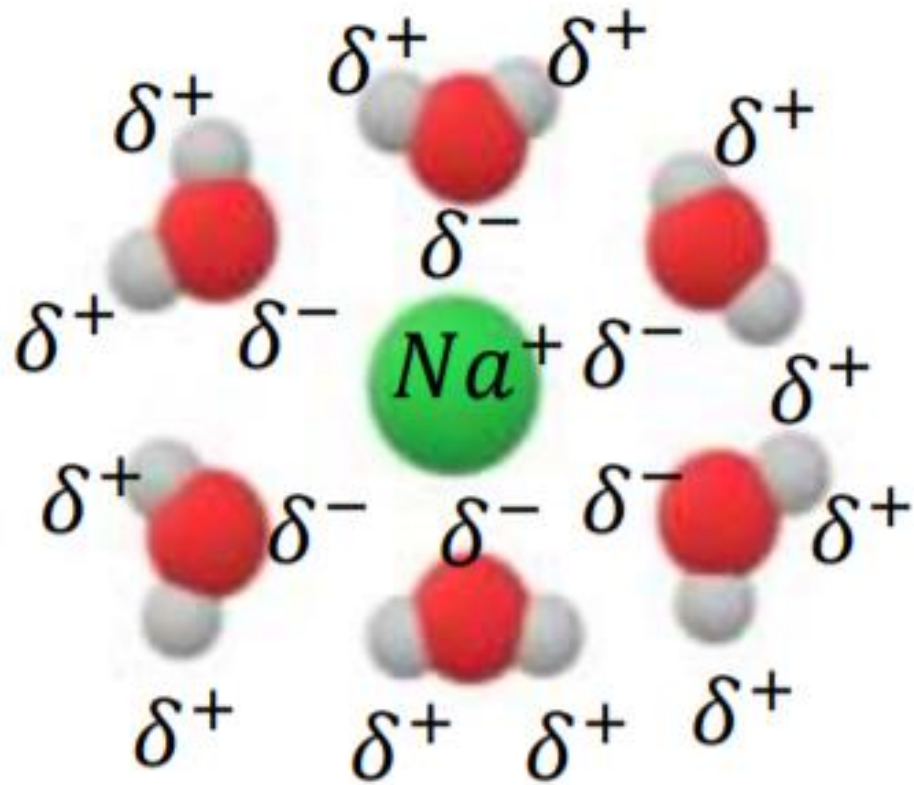


Figura 9. Representación de la solvatación (izquierda).

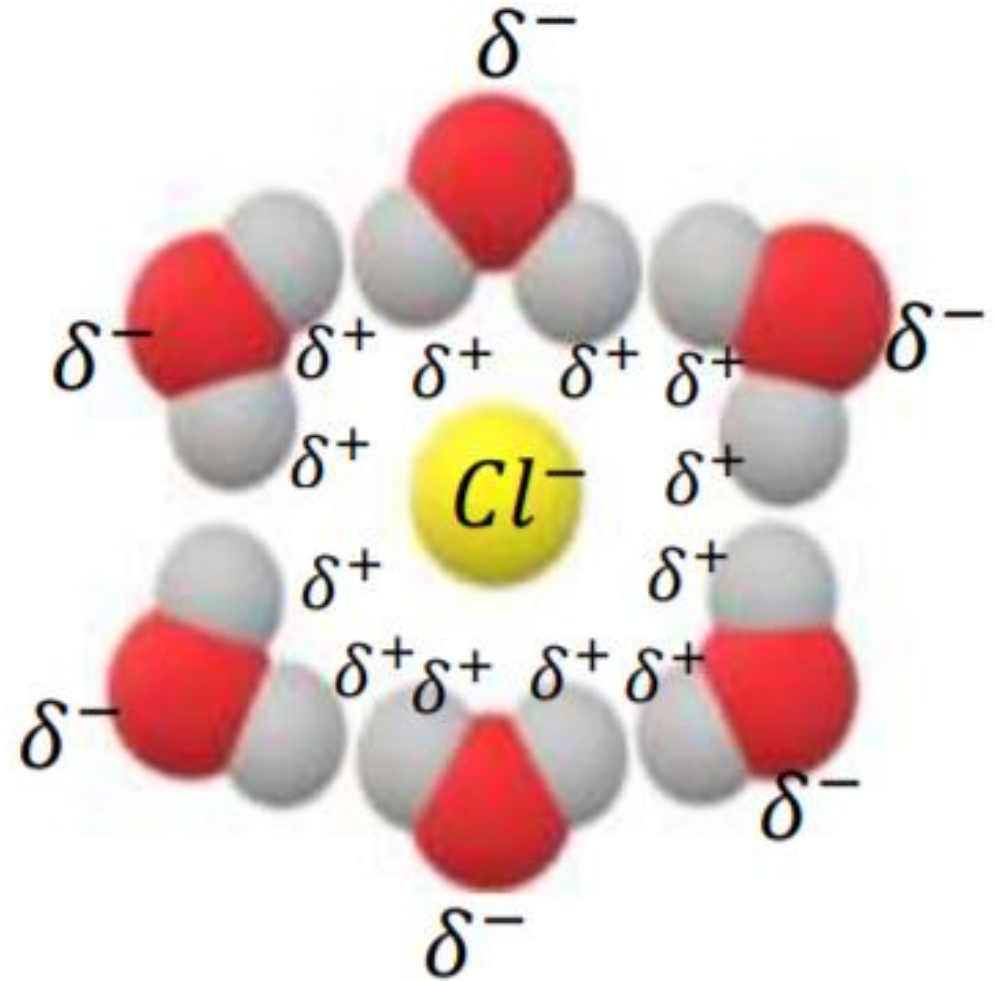
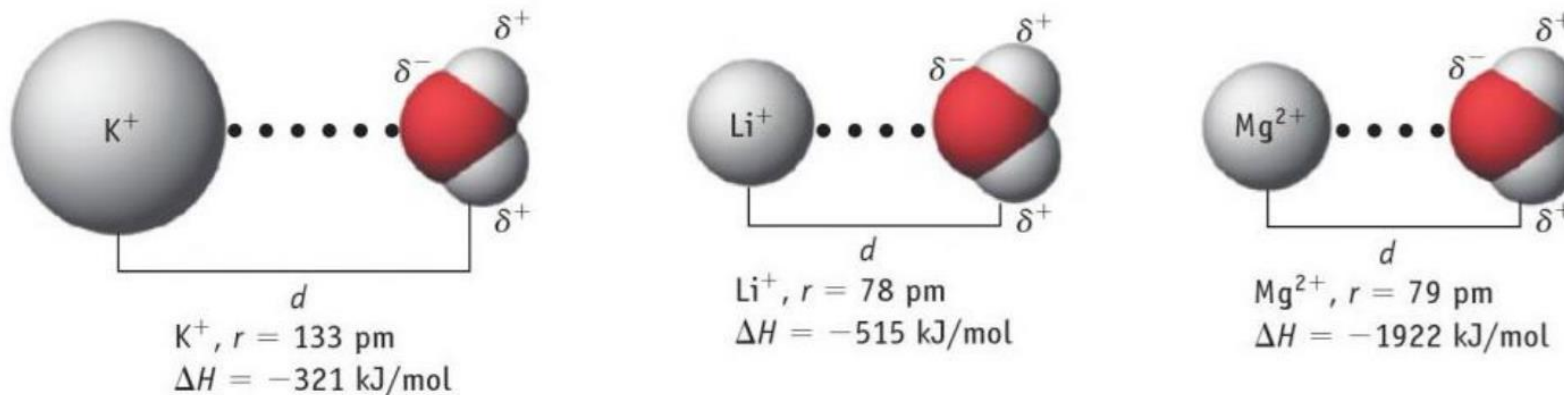
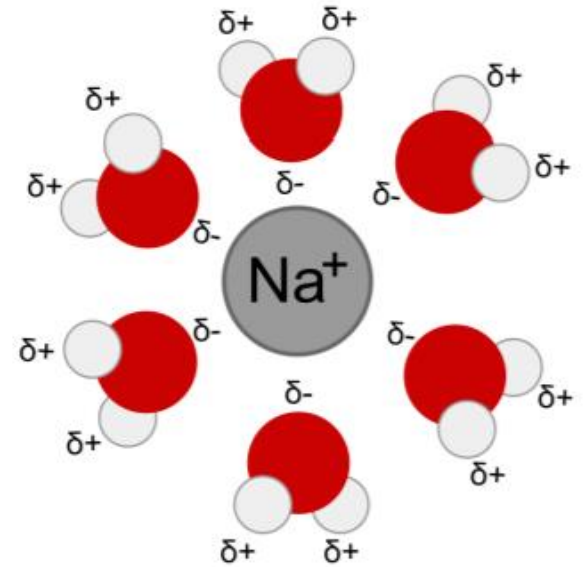


Figura 10. La hidrólisis (derecha) en el cloruro de sodio.

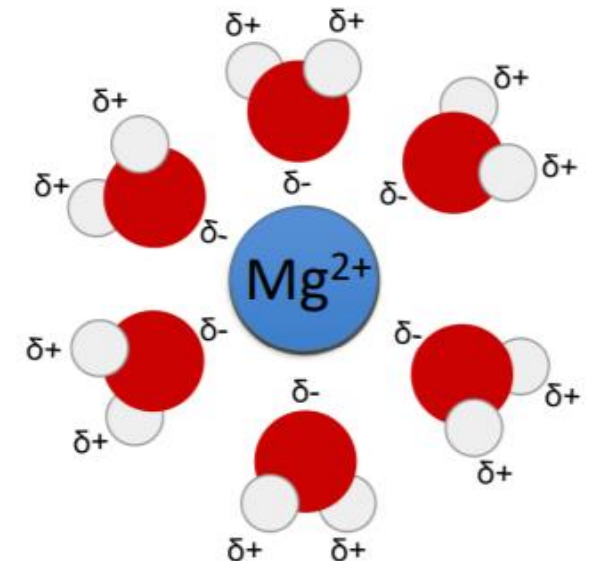
- La hidratación que sufren los iones en disolución es un ejemplo de interacción ion-dipolo.
- El calor de hidratación es el resultado de la interacción favorable entre los cationes y aniones de un compuesto iónico con el agua, que tiene un gran momento dipolar (1.87 D). Por ejemplo, en el caso del Na^+ y del Mg^{2+} , como el Mg^{2+} tiene mayor carga y un tamaño más pequeño, su interacción con las moléculas de agua será mayor (-405 kJ/mol y -1926 kJ/mol respectivamente).



Increasing force of attraction; more exothermic enthalpy of hydration

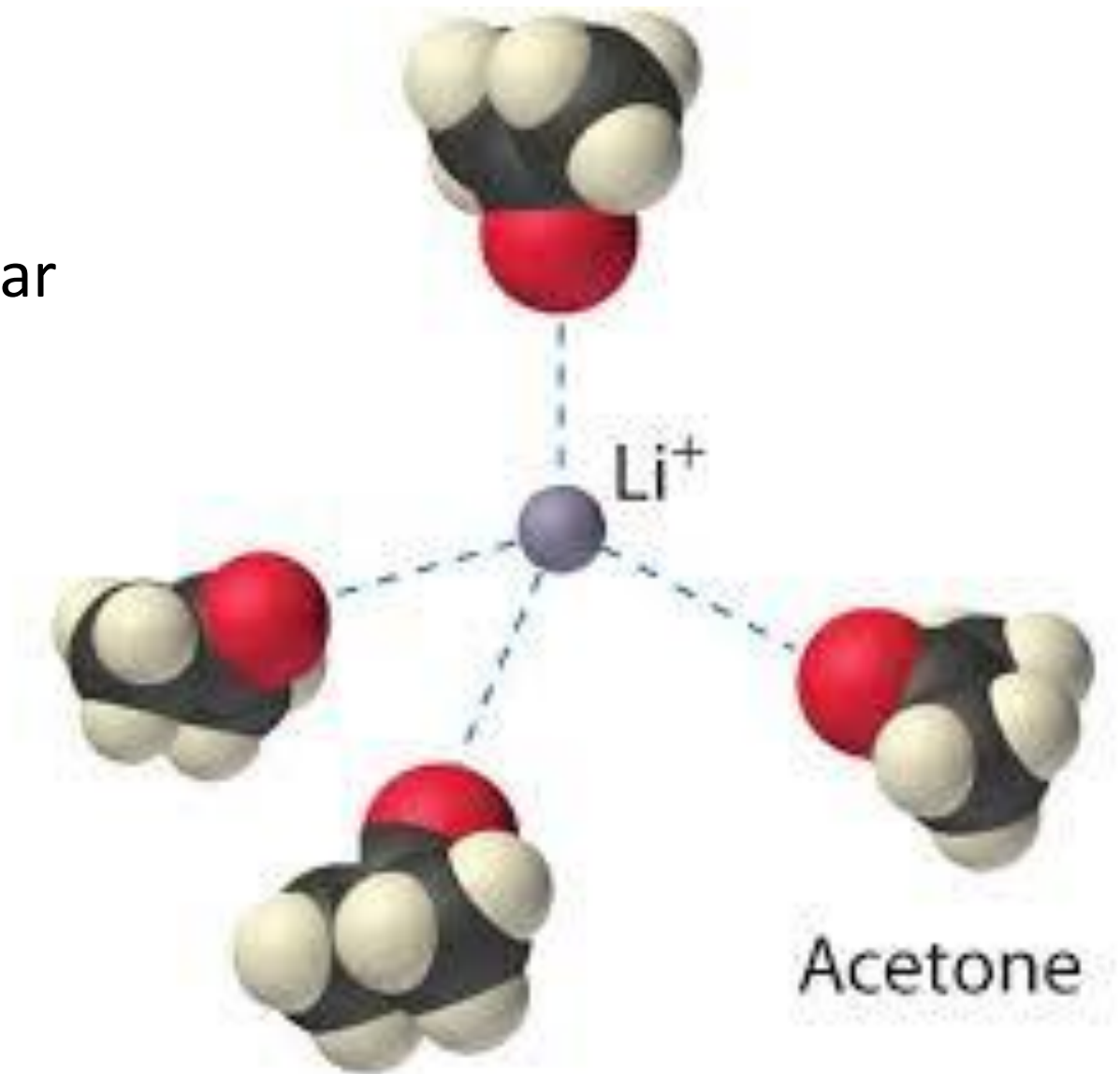


nan - <http://bio.winona.edu/berg/ILLUST/Na+H2O.>



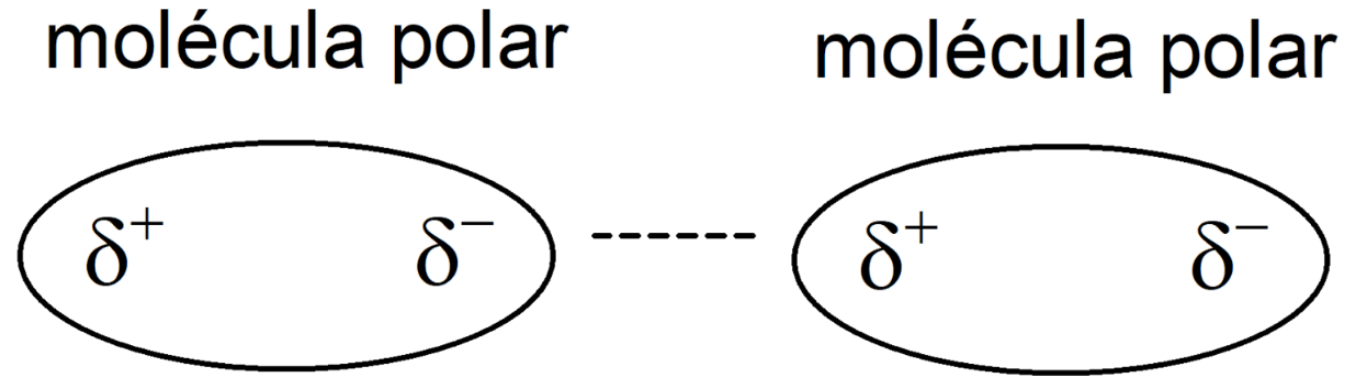
Fuerzas ion-dipolo

- Todo ión interaccionará con algún dipolo permanente o podrá polarizar alguna molécula apolar



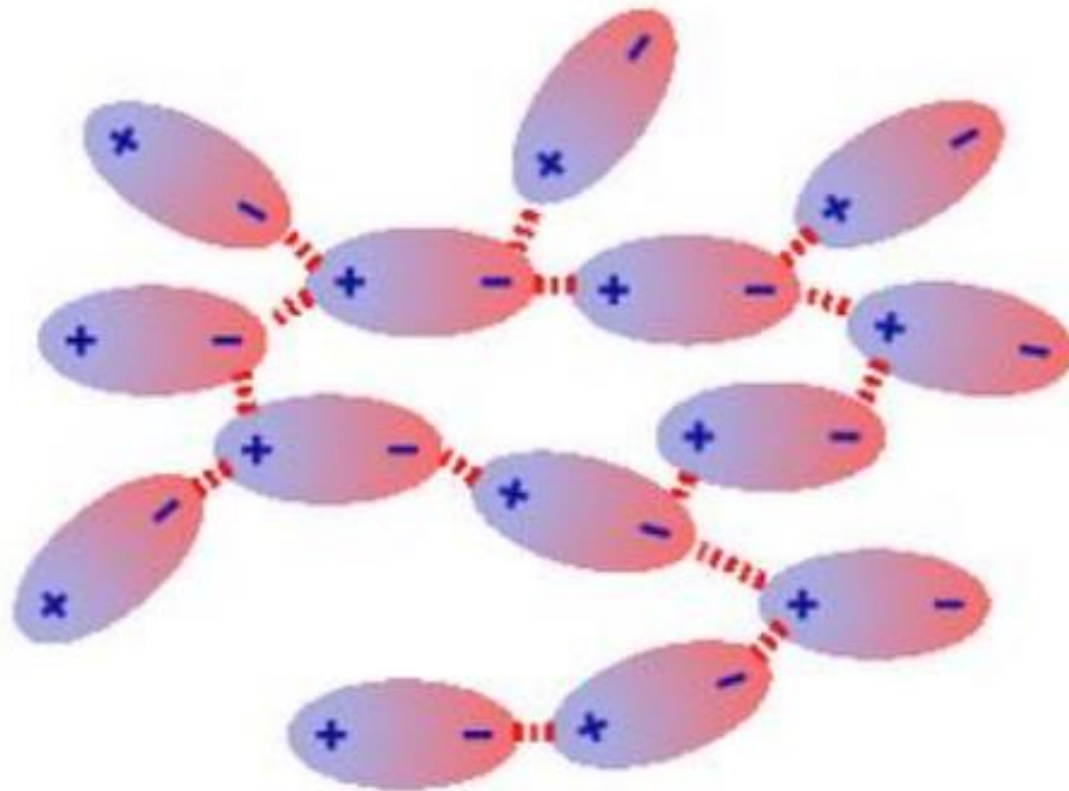
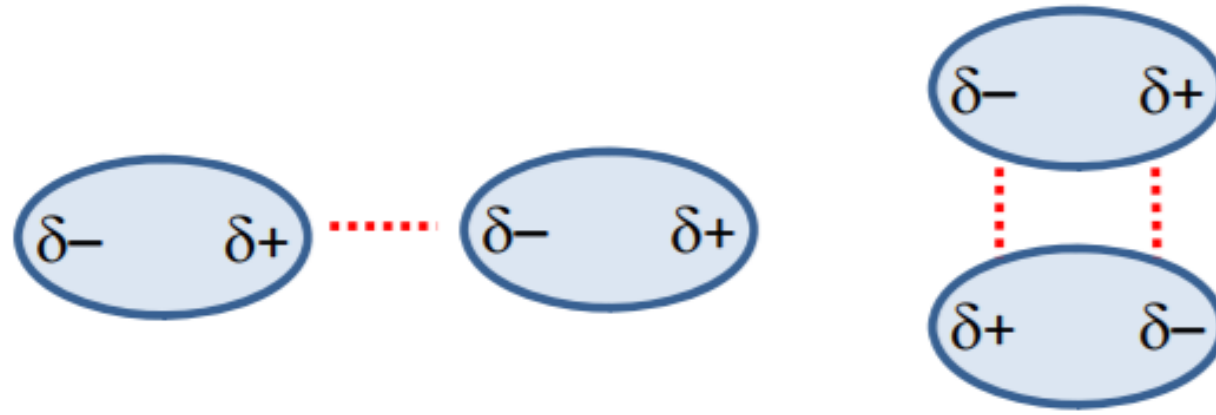
Fuerzas dipolo-dipolo

- Se presentan en sustancias polares (dipolos)

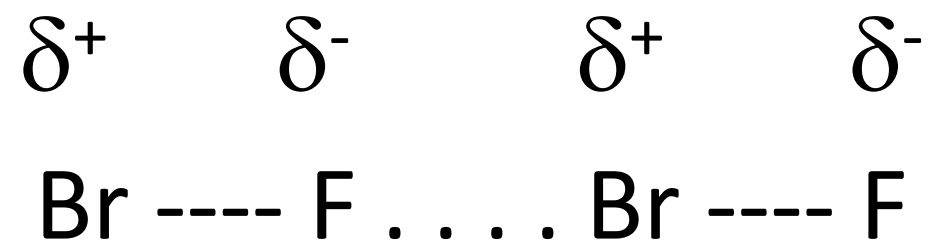


Interacción electrostática de dos moléculas polares (DIPOLOS PERMANENTES)

Fuerzas dipolo-dipolo



Fuerzas dipolo-dipolo

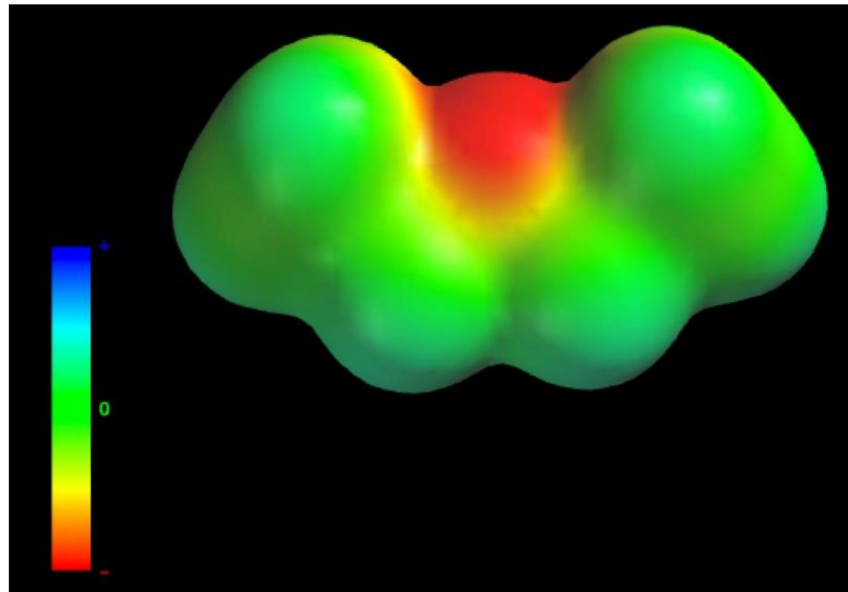
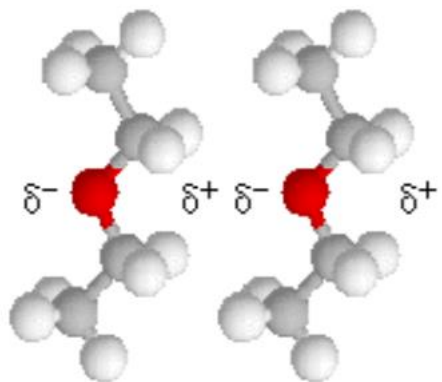


El éter (dietiléter, PM = 46.07 g/mol) y la acetona (propanona, PM = 58.08 g/mol) pesan bastante más que el agua (2.5 y 3.2 veces, respectivamente). Sin embargo, sus puntos de ebullición son solo 34,6 y 56,2 °C, respectivamente.

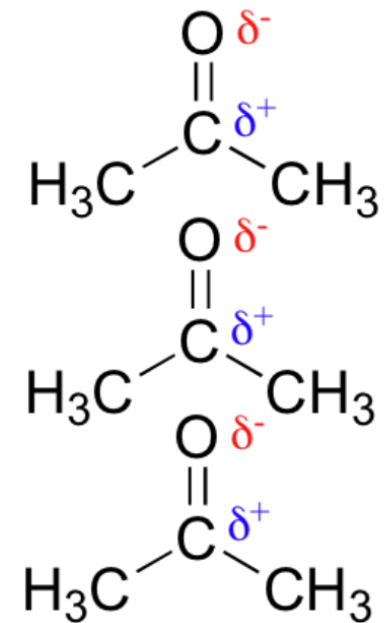
El 1-propanol, de igual peso molecular que la acetona, presenta también un elevado punto de ebullición (97 °C).

Esto se explica porque las fuerzas intermoleculares en estos casos han de ser más pequeñas que para el agua o el propanol.

Dietiléter

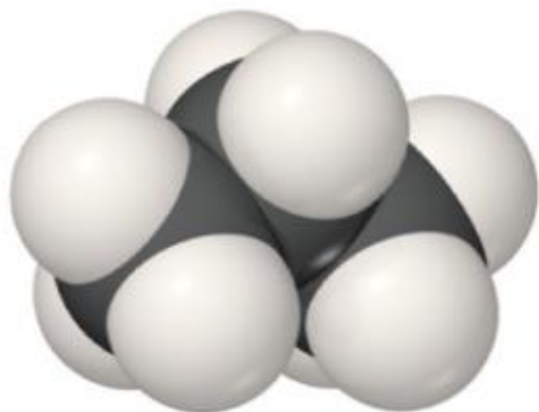


Jaelkoury - Diethyl Ether Electrostatic Potential Rendering

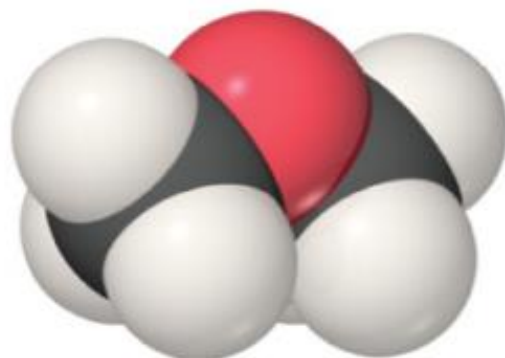


Momento dipolar
permanente en la **acetona**

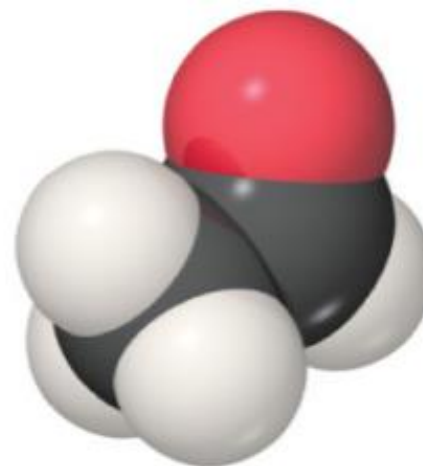
Fuerzas dipolo-dipolo



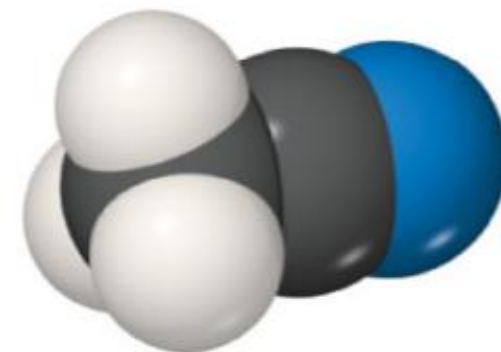
Propane
CH3CH2CH3
MW = 44 amu
 $\mu = 0.1 \text{ D}$
bp = 231 K



Dimethyl ether
CH3OCH3
MW = 46 amu
 $\mu = 1.3 \text{ D}$
bp = 248 K

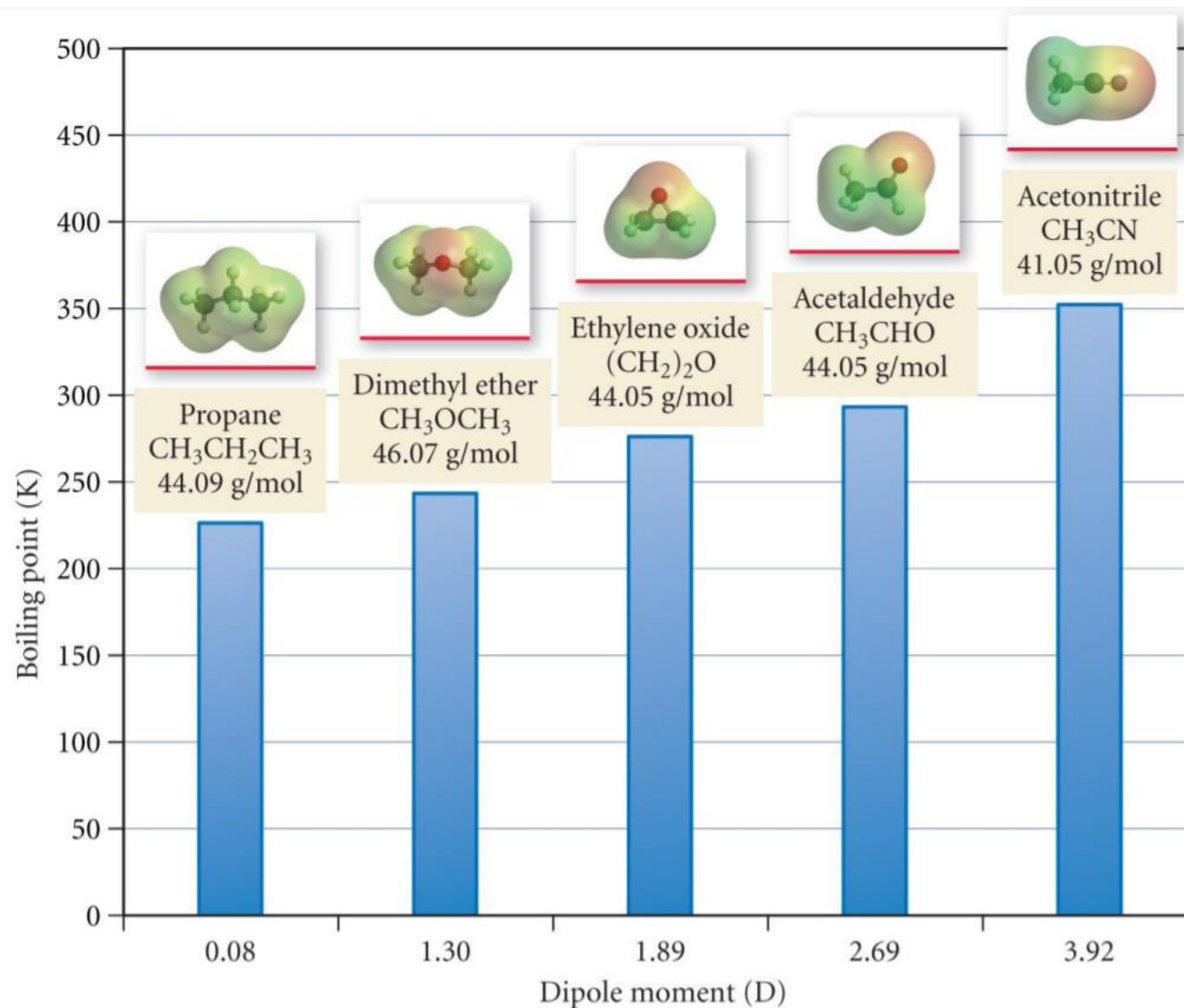


Acetaldehyde
CH3CHO
MW = 44 amu
 $\mu = 2.7 \text{ D}$
bp = 294 K



Acetonitrile
CH3CN
MW = 41 amu
 $\mu = 3.9 \text{ D}$
bp = 355 K

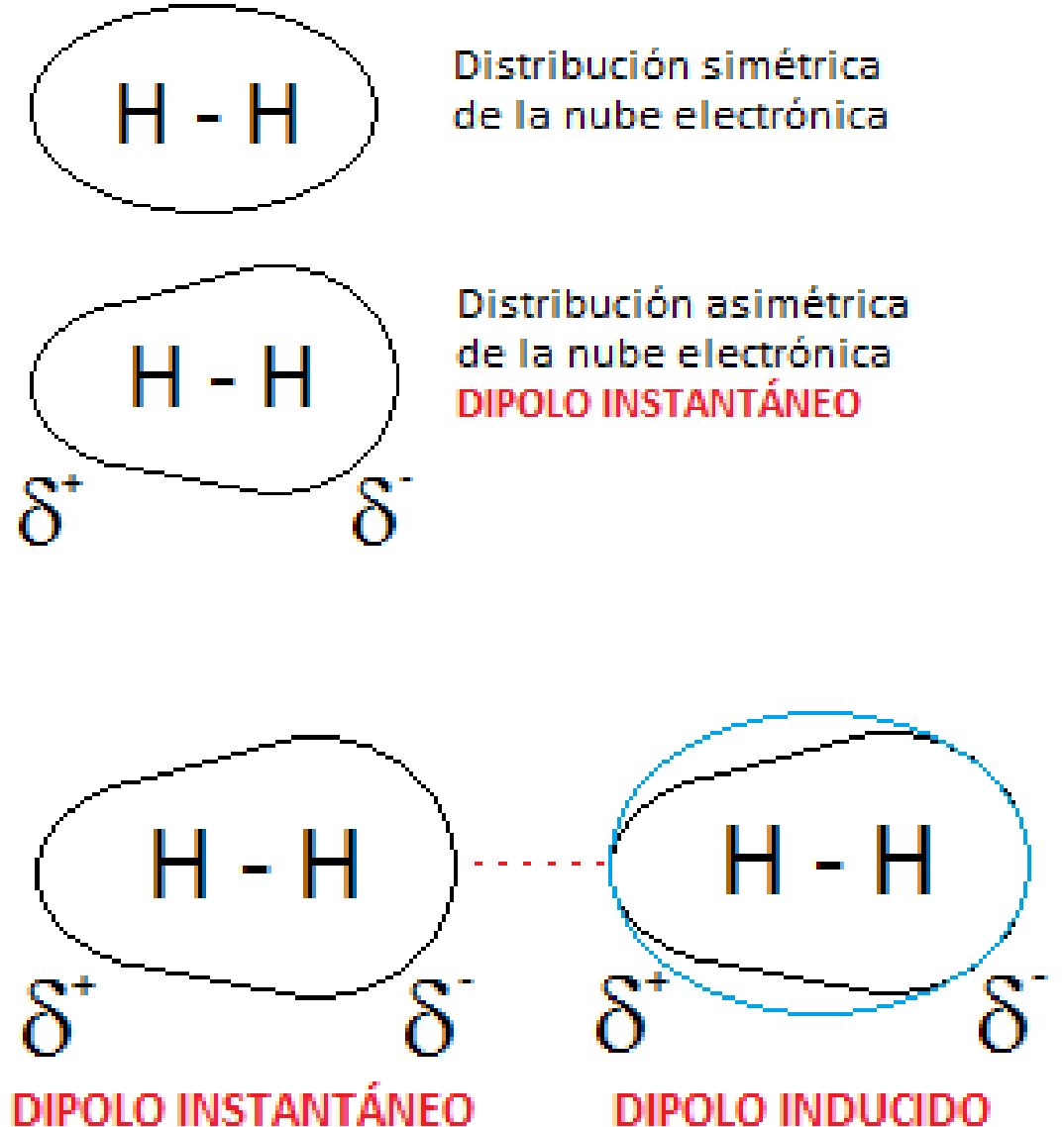
Increasing polarity
Increasing strength of dipole-dipole forces



Boiling Point vs
Dipole moment for
similar Mwt.
Compounds

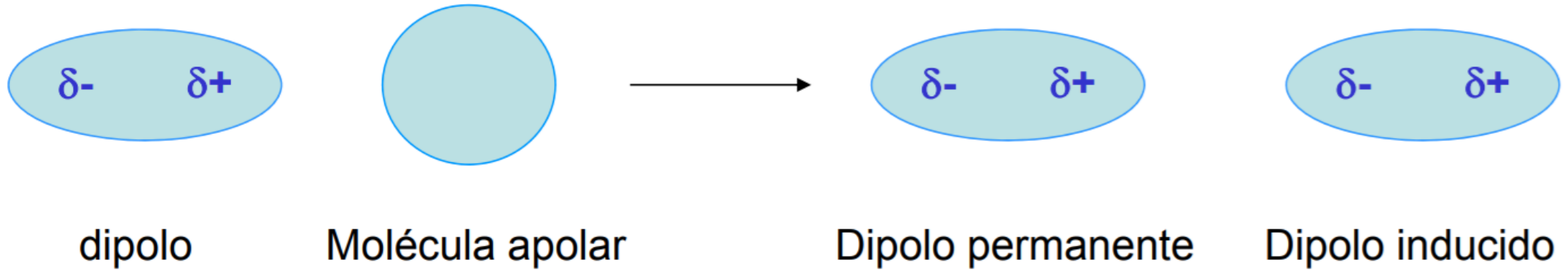
Fuerzas de dispersión de London

- Se deben a la formación de **dipolos instantâneos**.
- Se dan entre dipolos instantâneos / dipolos inducidos
- Están presentes em todas las moléculas y son las únicas interacciones presentes em los gases nobles y en moléculas apolares.
- También se les llama fuerzas de corto alcance, y solo se manifiestan cuando las moléculas están muy cerca unas de otras.



Fuerzas de dispersión de London

- Una molécula polar puede inducir un dipolo en una molécula apolar



Fuerzas de dispersión de London

Una molécula apolar (o un átomo) puede poseer un momento dipolar instantáneo, que puede cambiar de magnitud y dirección, debido a fluctuaciones en la densidad electrónica.



El dipolo temporal induce otros dipolos entre las moléculas (o átomos) vecinas e interaccionan atractivamente entre sí.

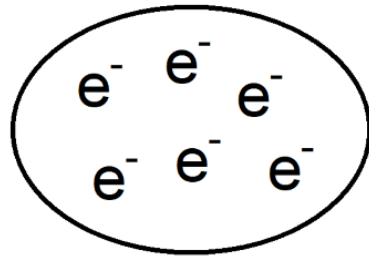


Las fuerzas de London aumentan con el número de electrones y por tanto con la masa atómica o molecular.

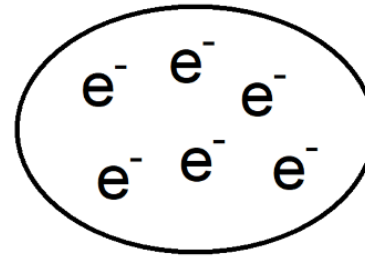
Fuerzas de dispersión de London

- Estas fuerzas tienen su origen en la posibilidad que poseen las nubes electrónicas de las moléculas de formar dipolos inducidos momentáneos.

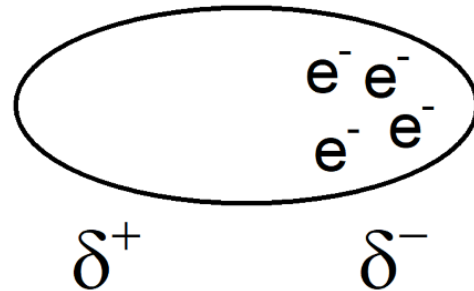
molécula apolar



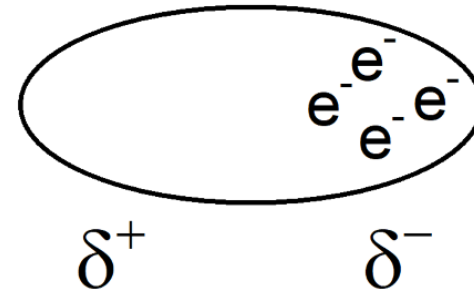
molécula apolar



dipolo inducido

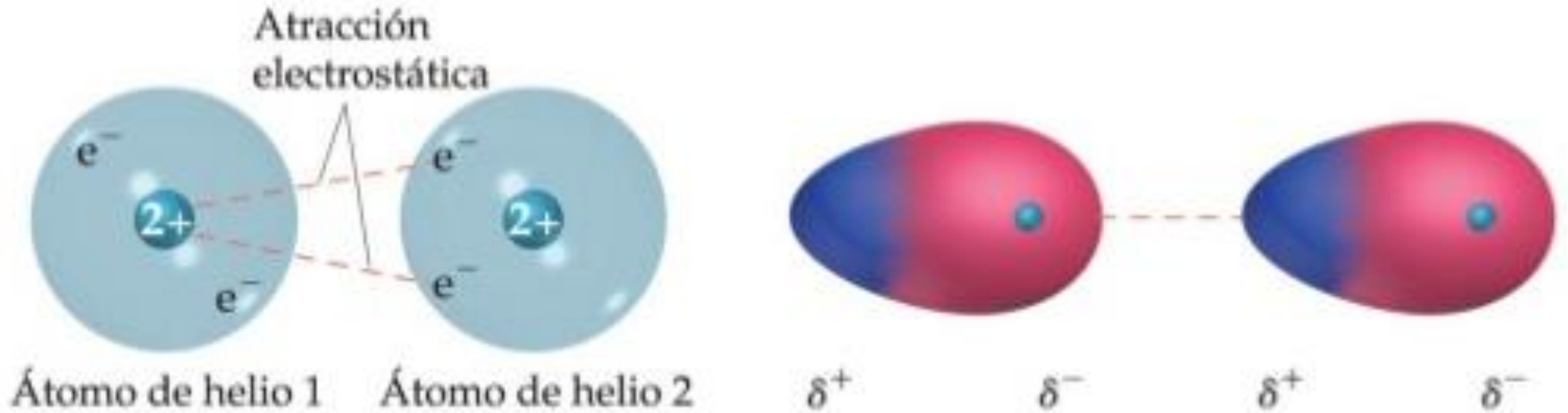


dipolo inducido

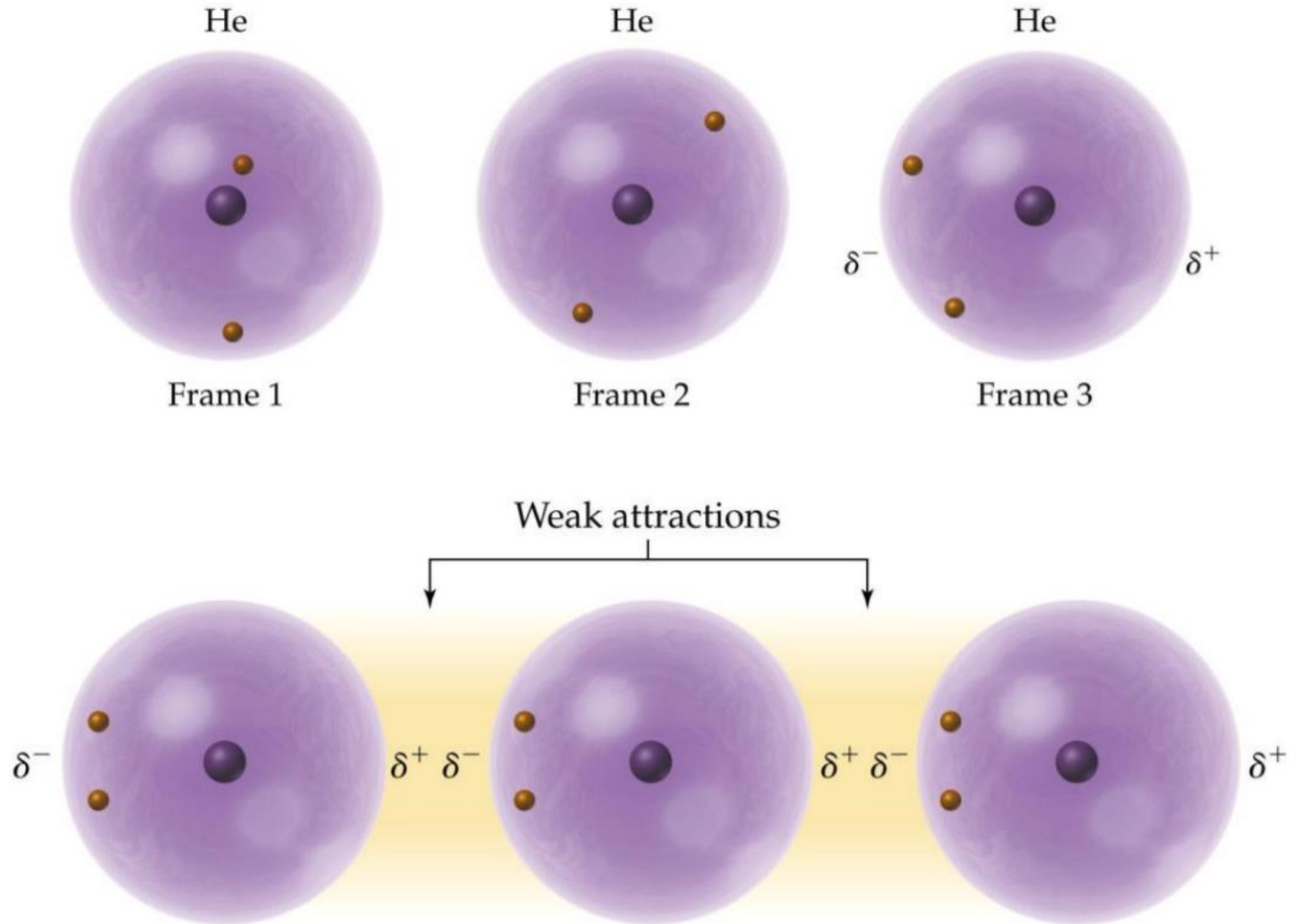


Fuerzas de dispersión de London

- Estas fuerzas tienen su origen en la posibilidad que poseen las nubes electrónicas de las moléculas de formar dipolos inducidos momentáneos.



Dipolo temporal





Atom A



Atom B

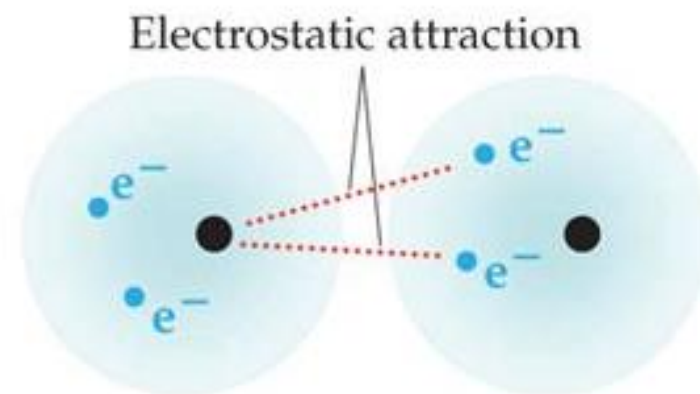


Atom A



Atom B

Subatomic view



Atom A

Atom B



Atom A

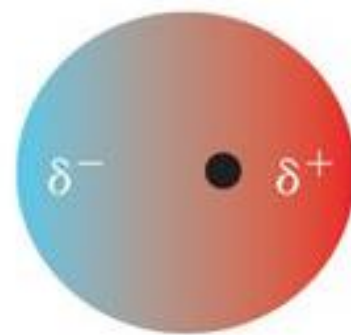


Atom B

(a) Two helium atoms, no polarization

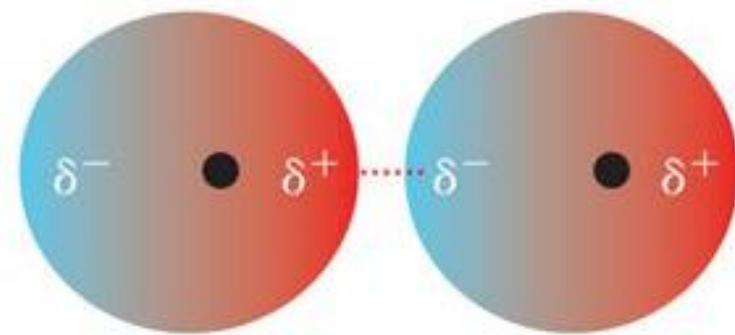


Atom A



Atom B

(b) Instantaneous dipole on atom B



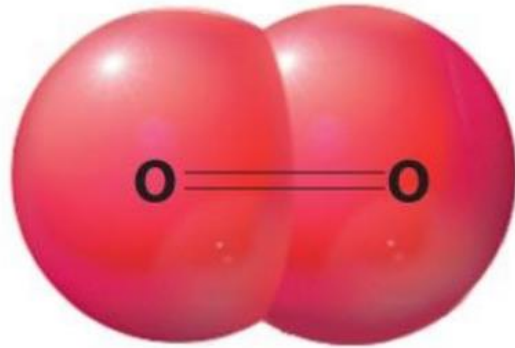
Atom A

Atom B

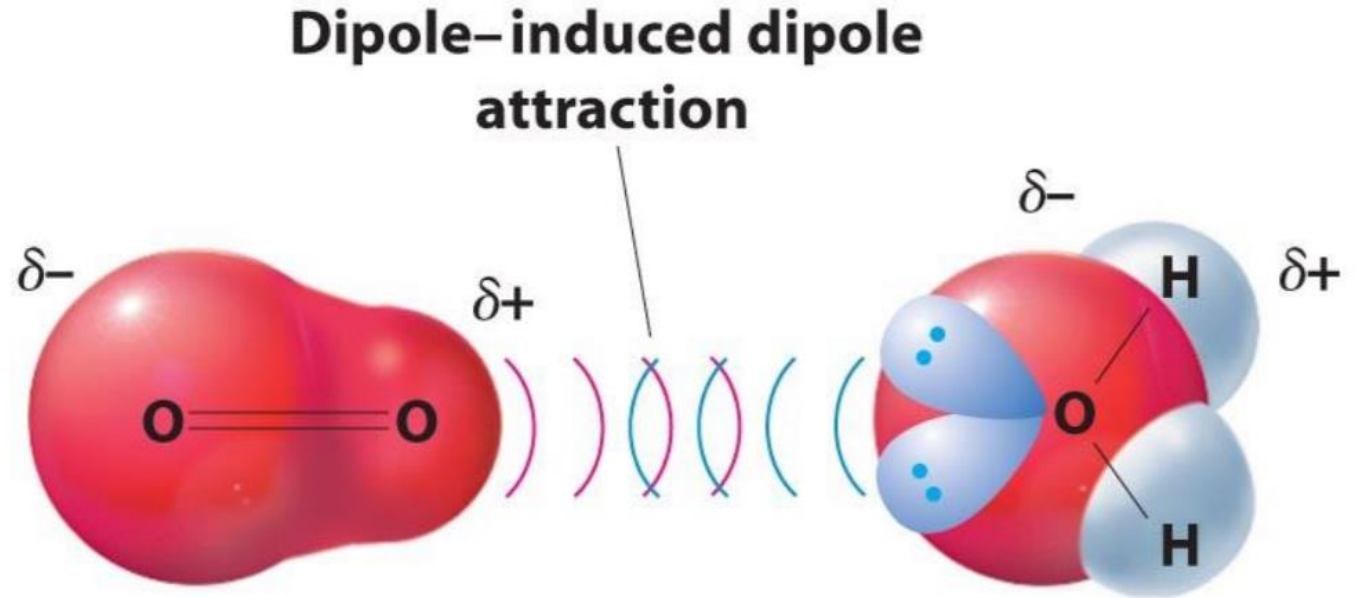
(c) Induced dipole on atom A

Dipolos inducidos

Polarización inducida por la presencia de un dipolo permanente



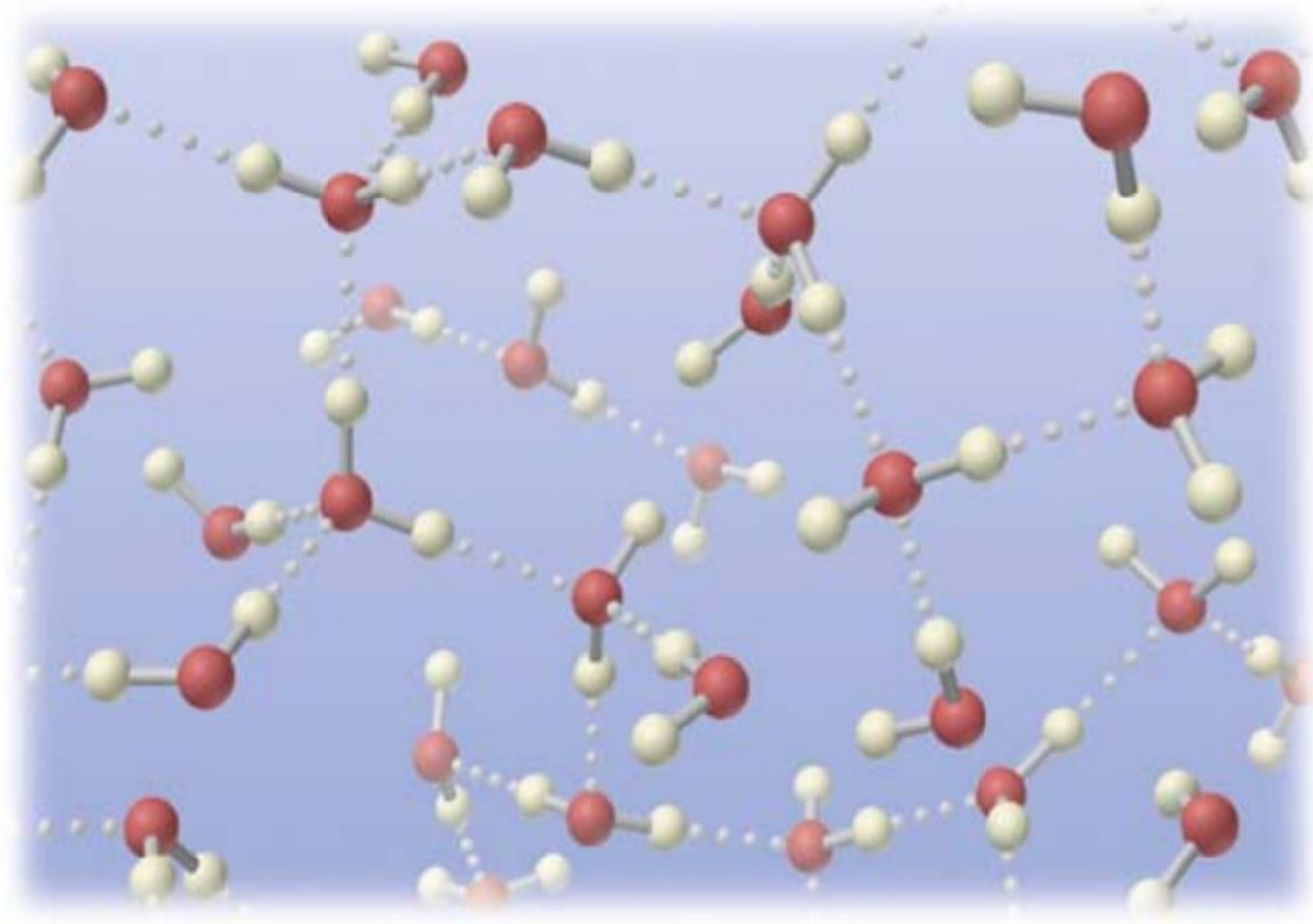
**Isolated oxygen molecule
(nonpolar)**



**Induced dipole
(oxygen molecule)**

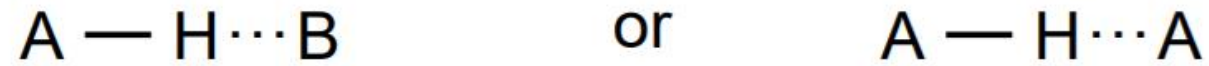
**Permanent dipole
(water molecule)**

Enlace de hidrógeno

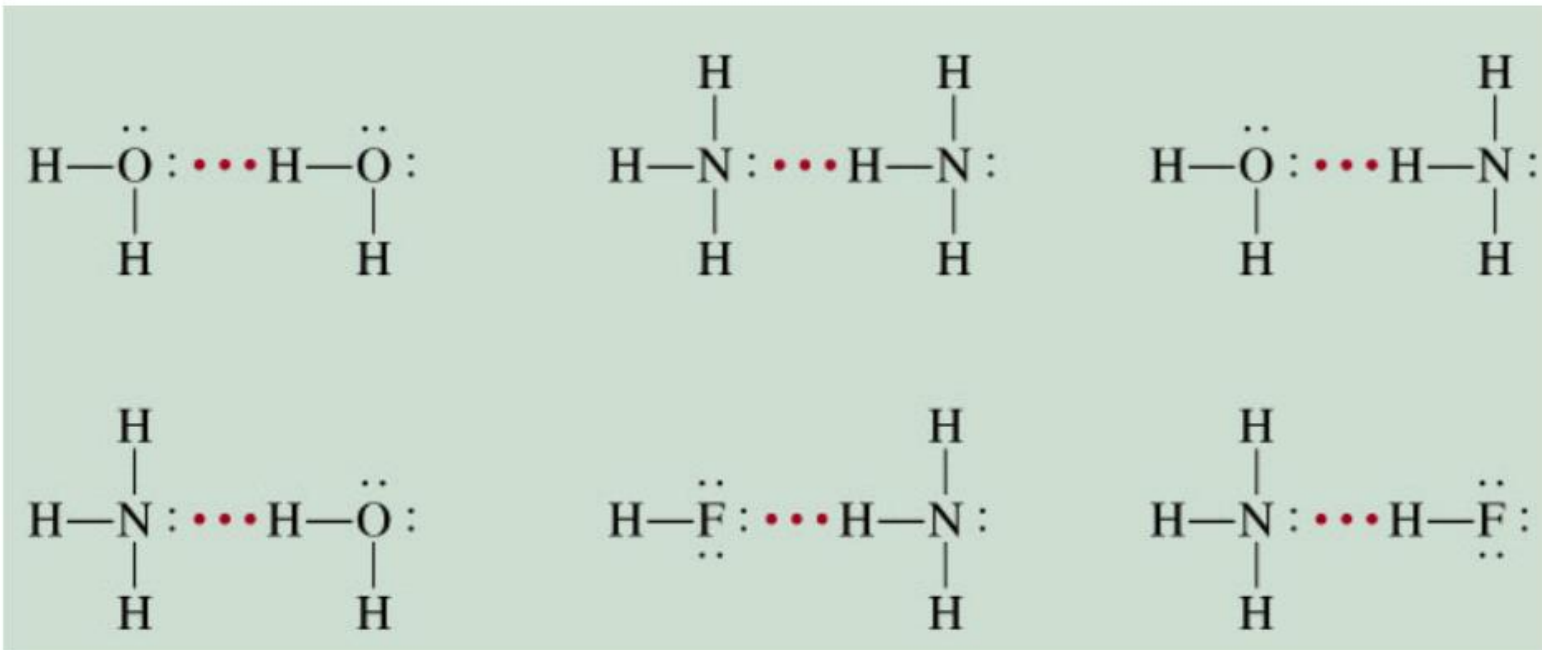


Puentes de hidrógeno

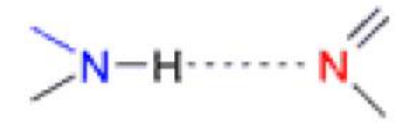
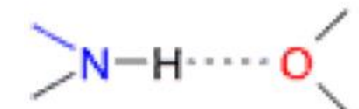
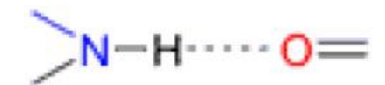
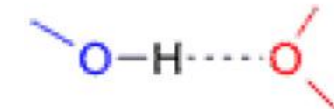
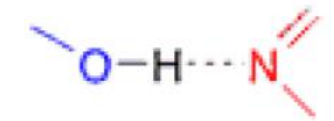
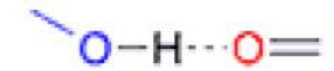
- Interacción dipolo-dipolo muy fuerte entre un átomo de H unido a un átomo de N, O, F, con otro átomo de N, O, F



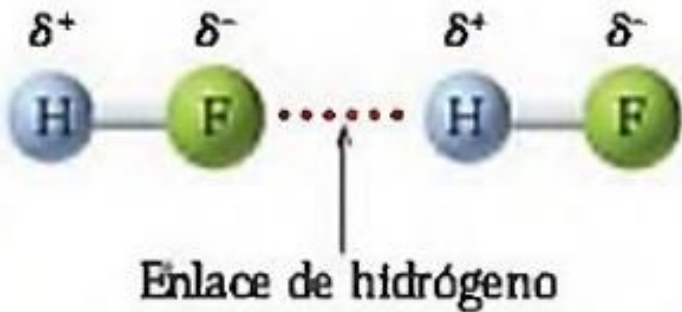
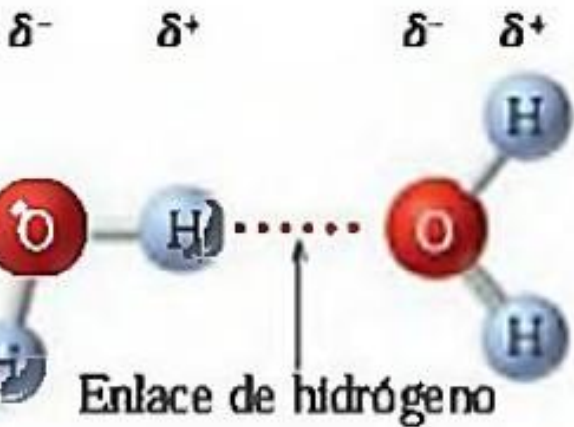
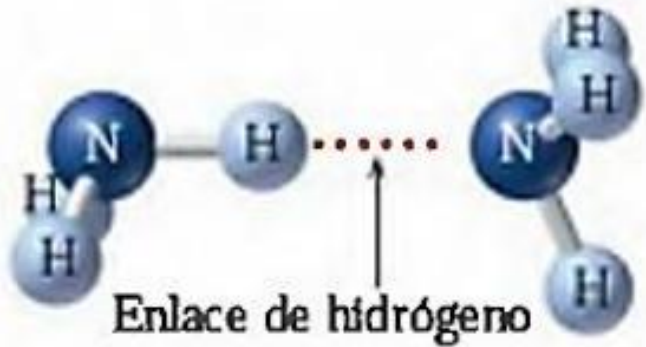
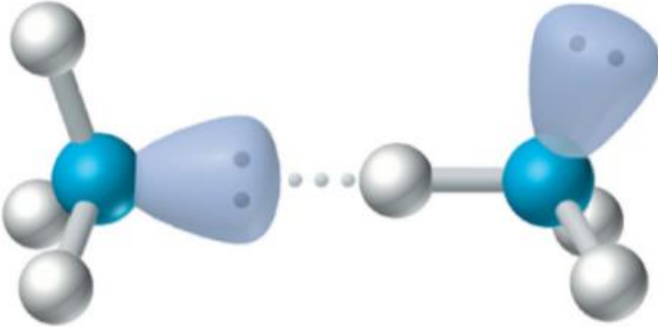
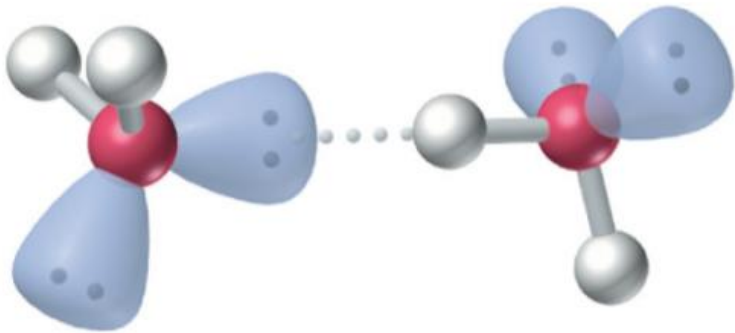
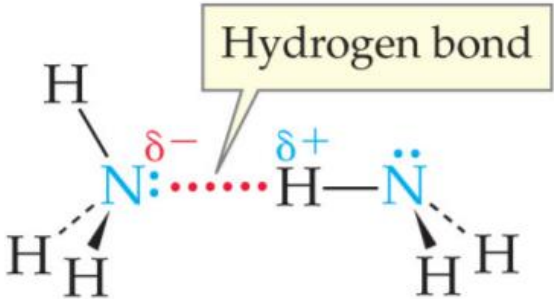
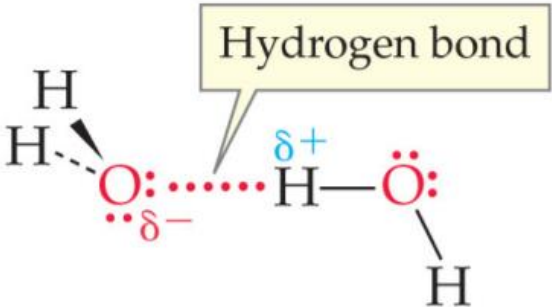
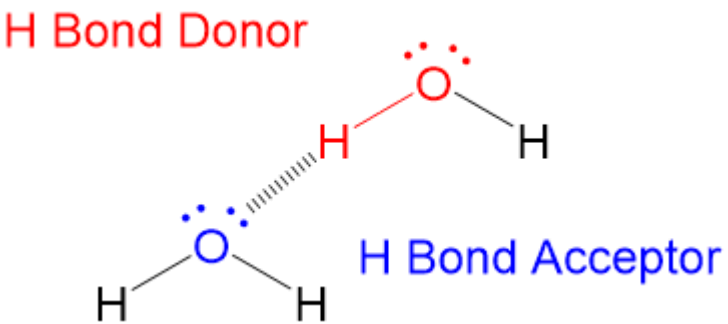
A & B son N, O, o F



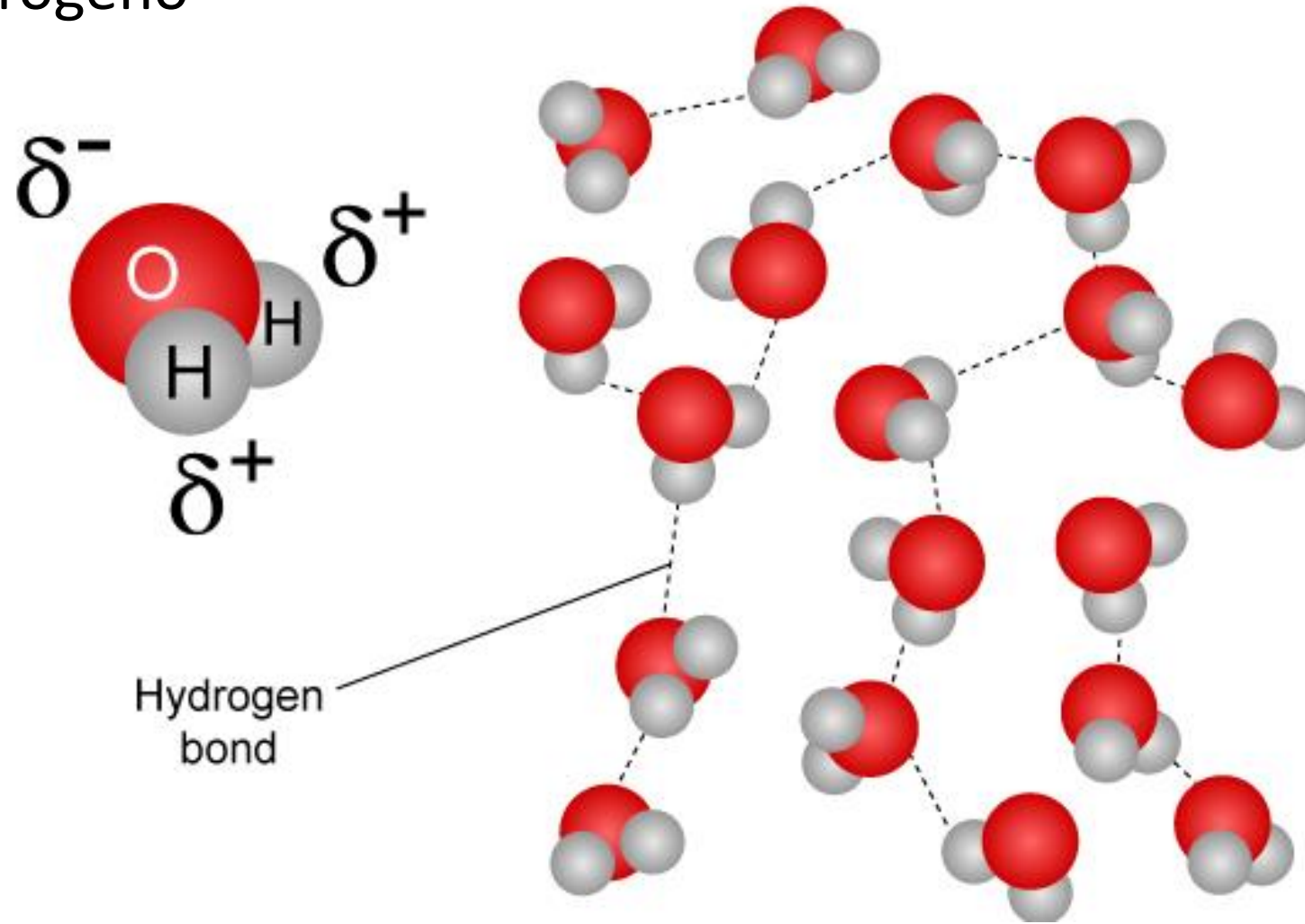
A blank periodic table grid with group labels 1A, 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, and 8A at the top. The elements Nitrogen (N), Oxygen (O), and Fluorine (F) are highlighted in the 2nd period, groups 5A, 6A, and 7A respectively.



Puentes de hidrógeno

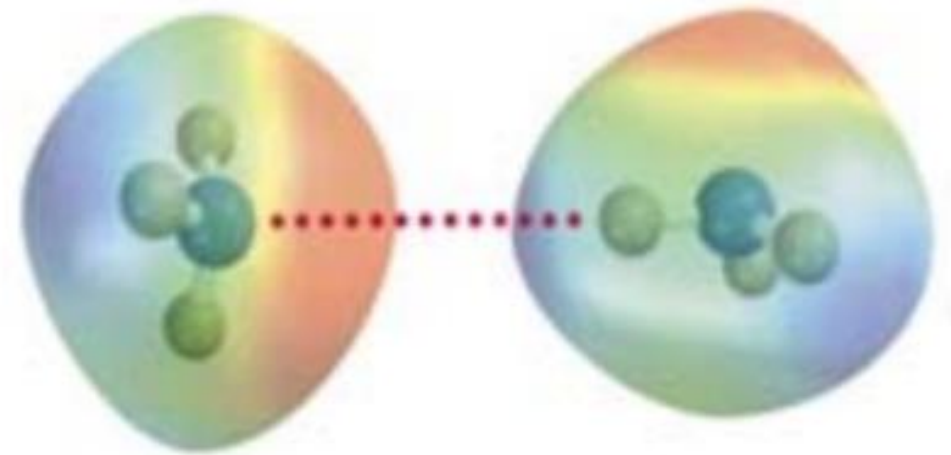
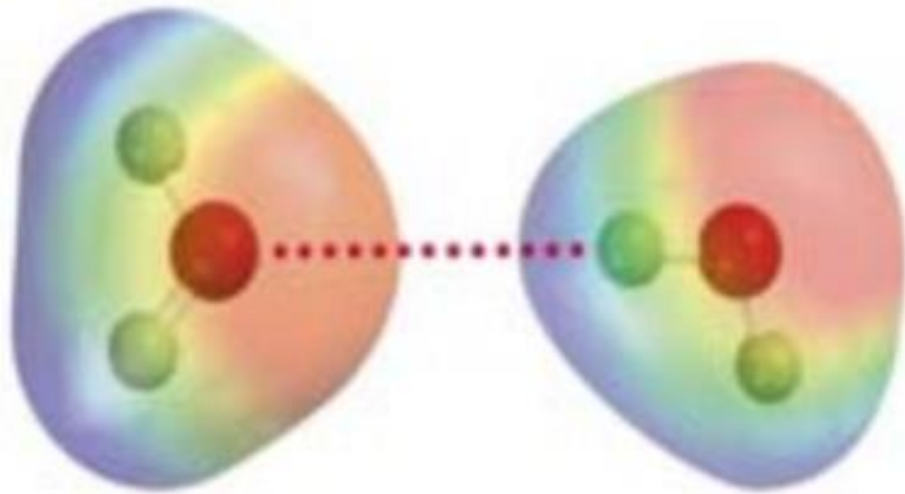
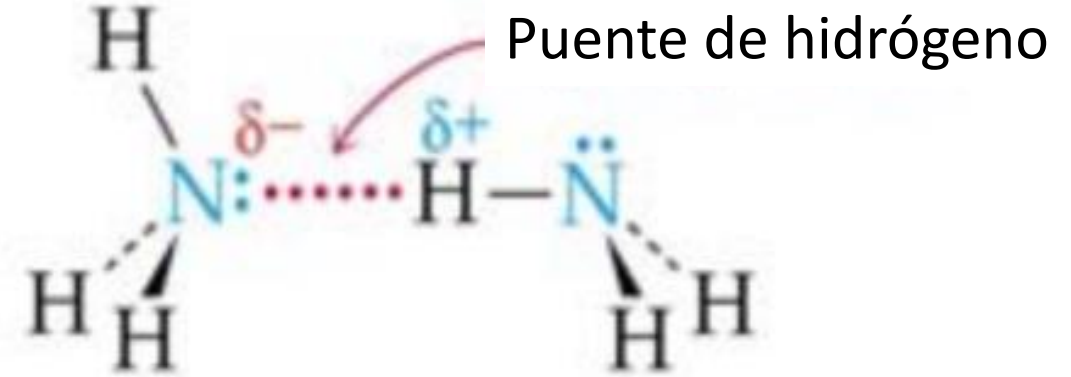
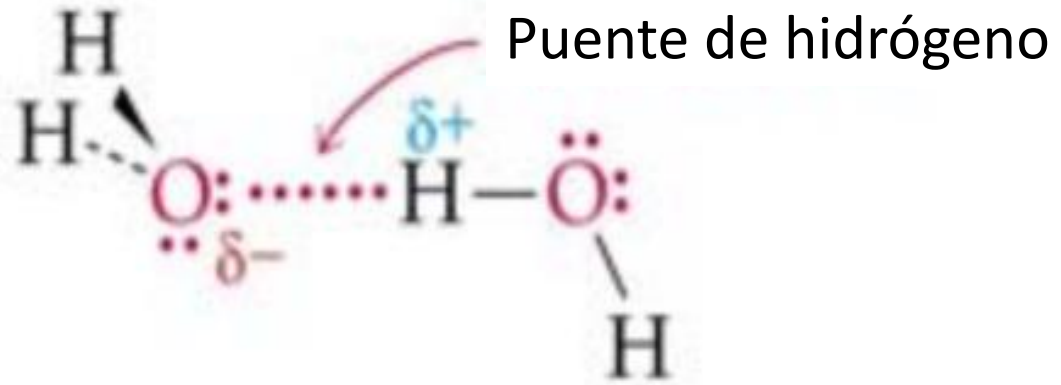


Puentes de hidrógeno

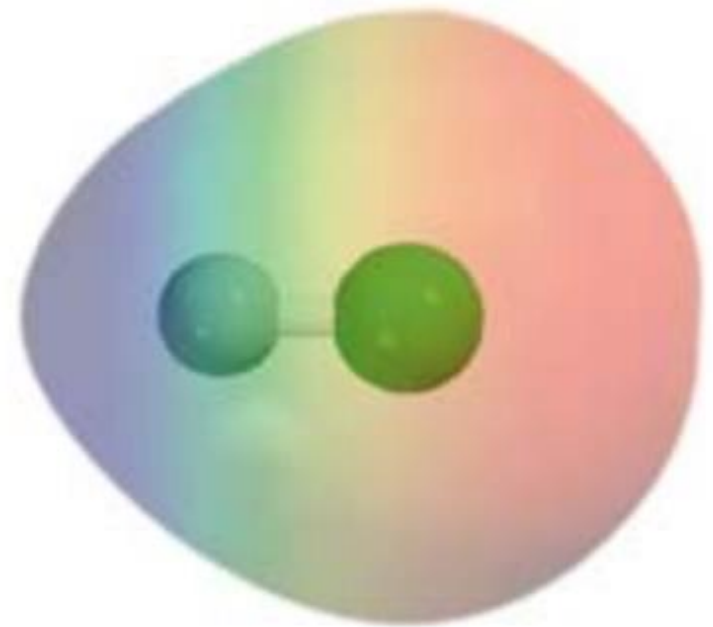
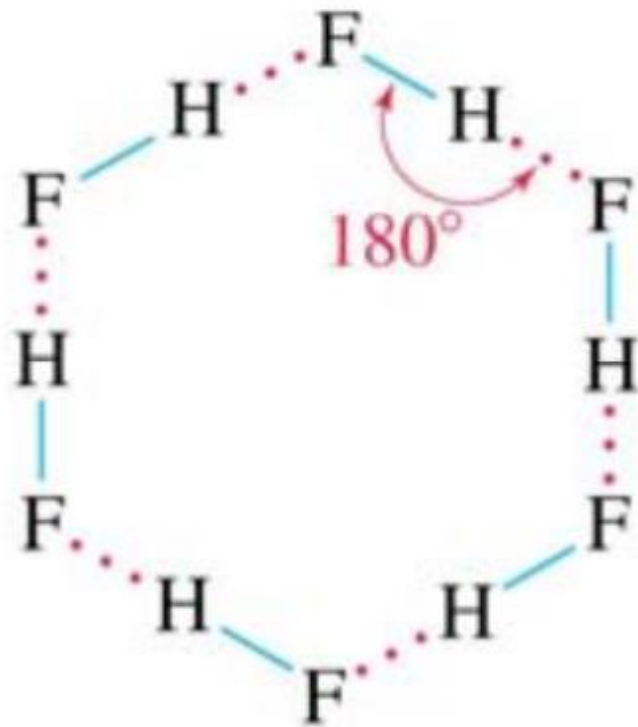


La naturaleza polar de la molécula de agua significa que cada átomo de hidrógeno experimenta atracción tanto por el oxígeno al que está unido como por el lado no hidrógeno de los átomos de oxígeno de otras moléculas de agua.

Puentes de hidrógeno



Puentes de hidrógeno





¿Por qué flota el hielo en agua líquida?

R: Porque la densidad del hielo es menor que la del agua líquida.

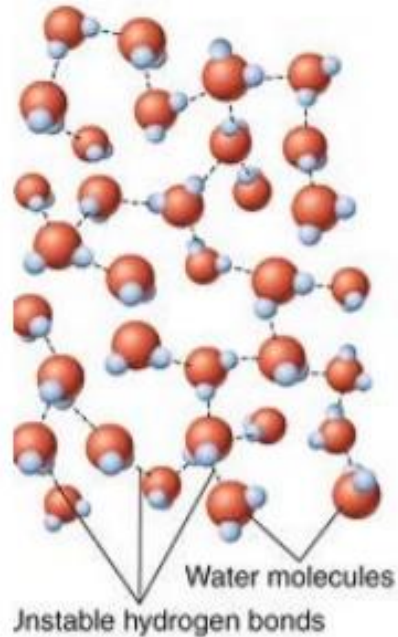


Pero.... ¿Por qué el agua presenta este comportamiento anómalo?

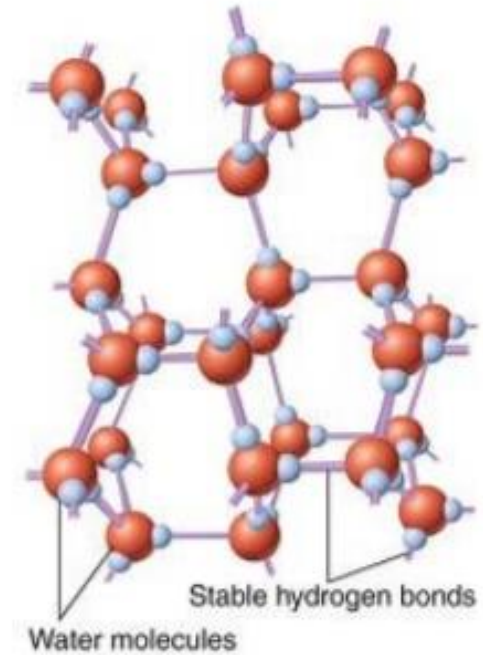
R: Debido a los puentes de H.

Puentes de hidrógeno en el agua

AGUA LÍQUIDA



HIELO



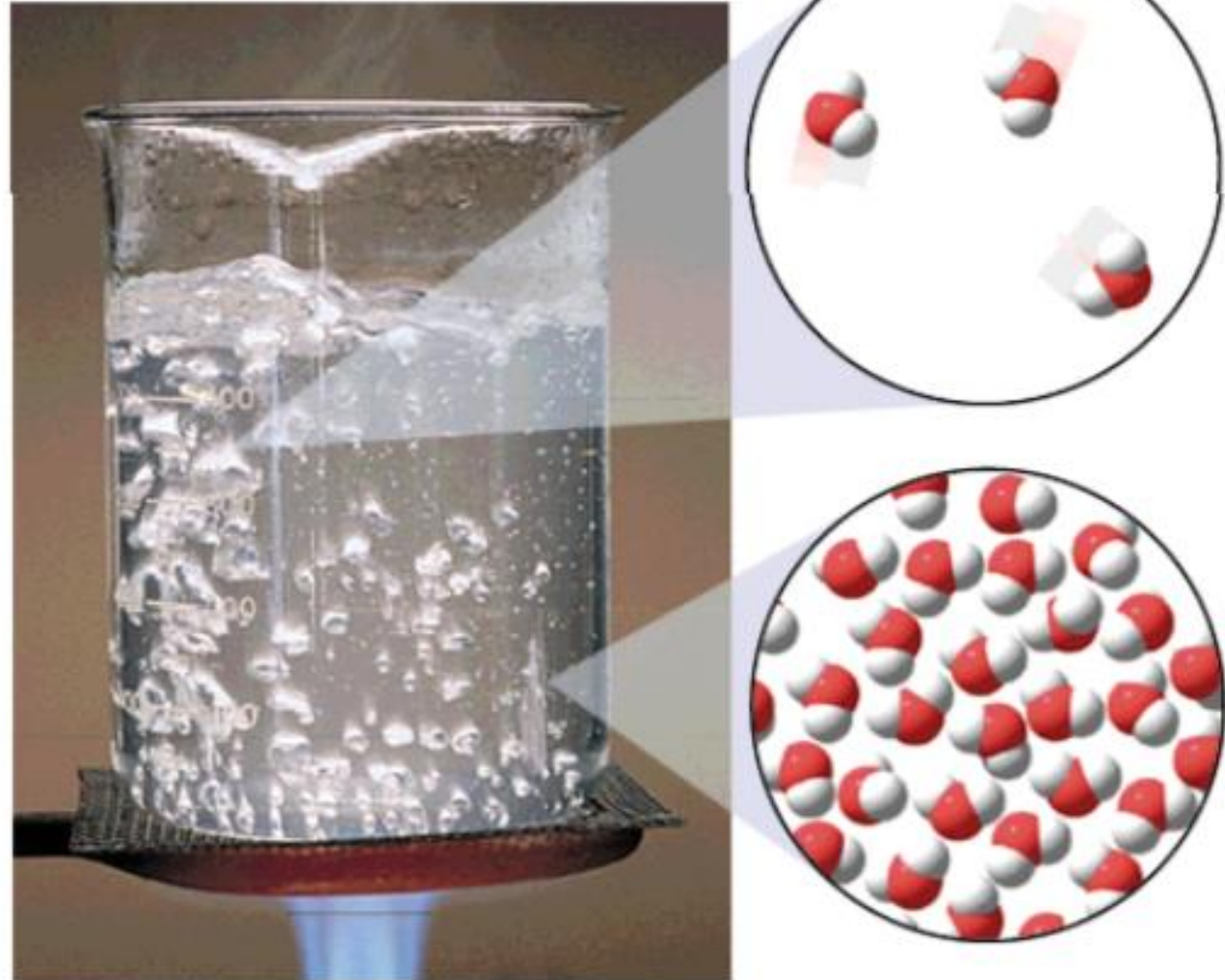
- En el hielo hay más espacio vacío entre moléculas, por eso tiene menor densidad que el agua líquida.



Las fuerzas intermoleculares, aún siendo débiles, son capaces de crear estructuras cristalinas como la del hielo.

Boiling liquid

- Durante la ebullición o fundición se rompen las fuerzas intermoleculares no las covalentes.



Ejemplos de enlaces de hidrógeno

Agua (H_2O): El agua es un excelente ejemplo de enlace de hidrógeno. El enlace está entre el hidrógeno de una molécula de agua y los átomos de oxígeno de otra molécula de agua

Amoníaco (NH_3): Se forman enlaces de hidrógeno entre el hidrógeno de una molécula y el nitrógeno de otra. En el caso del amoníaco, el enlace que se forma es muy débil porque cada nitrógeno tiene un solo par de electrones. Este tipo de enlaces de hidrógeno con nitrógeno también se produce en la metilamina.

Acetilacetona ($\text{DO}_5\text{H}_8\text{O}_2$): El enlace de hidrógeno intramolecular se produce entre hidrógeno y oxígeno.

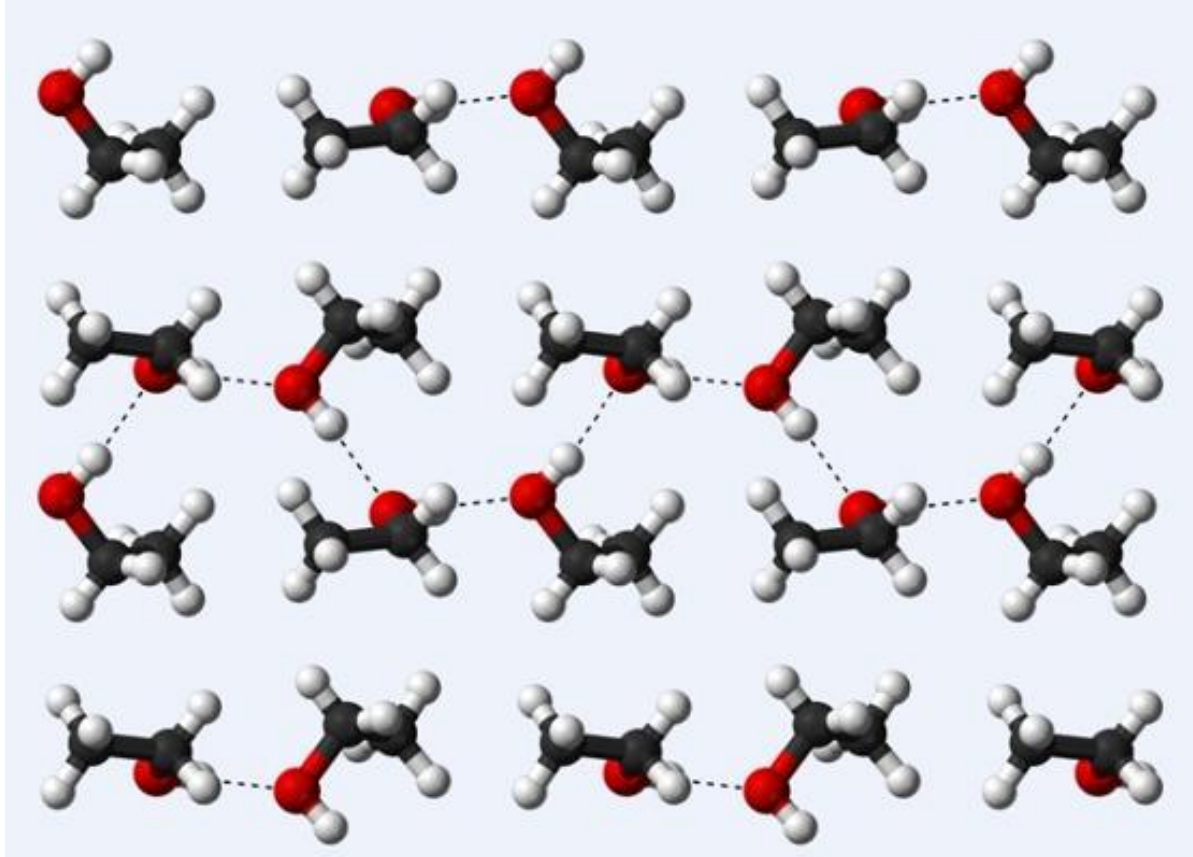
ADN Se forman enlaces de hidrógeno entre pares de bases. Esto le da al ADN su forma de doble hélice y hace posible la replicación de las cadenas, ya que se "descomprimen" a lo largo de los enlaces de hidrógeno.

Ácido fluorhídrico (HF): el ácido fluorhídrico forma lo que se llama un enlace de hidrógeno simétrico, que es más fuerte que el enlace de hidrógeno regular. Este tipo de enlace también se forma en ácido fórmico.

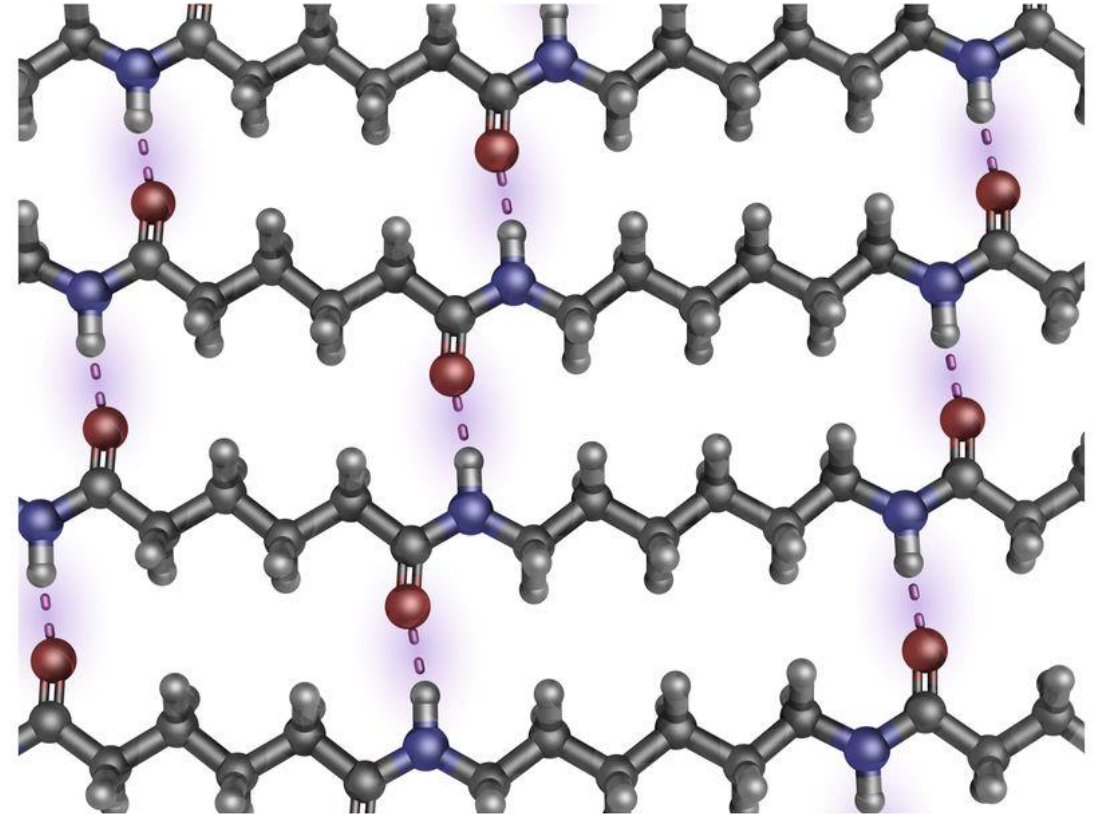
Proteínas: Los enlaces de hidrógeno resultan en el plegamiento de proteínas, lo que ayuda a la molécula a mantener la estabilidad y asumir una configuración funcional.

Polímeros Los polímeros que contienen grupos carbonilo o amida pueden formar enlaces de hidrógeno. Los ejemplos incluyen urea y poliuretano y la celulosa polimérica natural. El enlace de hidrógeno en estas moléculas aumenta su resistencia a la tracción y su punto de fusión.

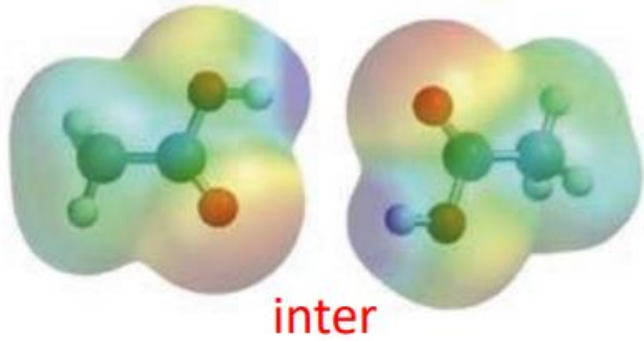
Alcohol: El etanol y otros alcoholes contienen enlaces de hidrógeno entre hidrógeno y oxígeno.



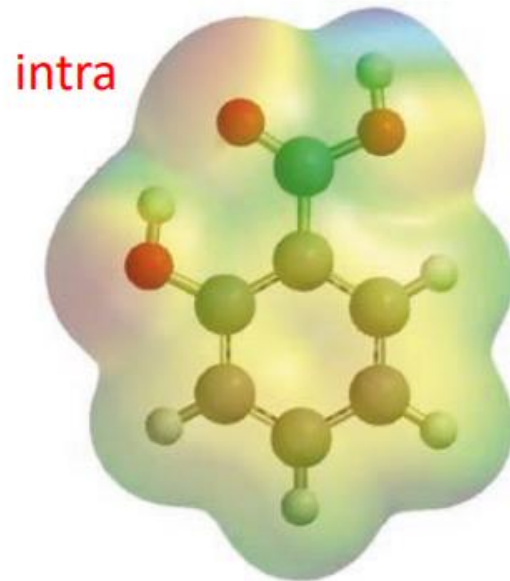
Nylon: Los enlaces de hidrógeno se encuentran entre las unidades repetitivas del polímero.



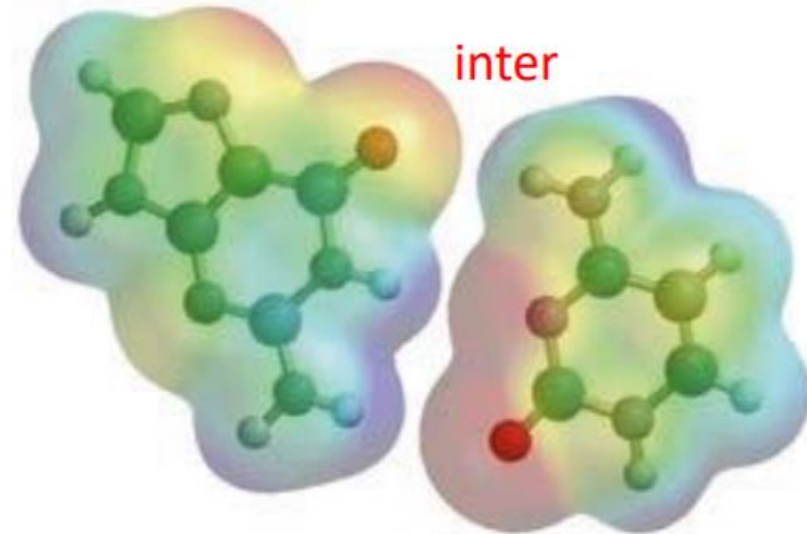
Enlace de hidrógeno inter- e intramolecular



Dímero de ácido acético



Ácido *orto*-hidroxibenzoico (ácido salicílico)



Enlaces de hidrógeno entre
guanina (izqda) y citosina (dcha)
en el ADN



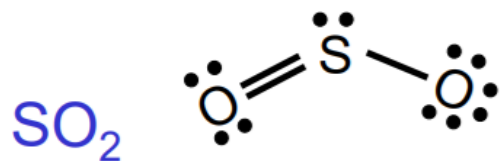
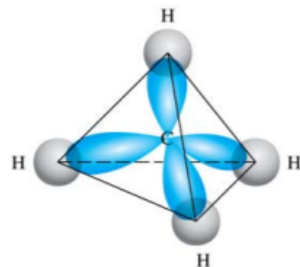
¿Qué tipos de fuerzas intermoleculares existen entre cada una de las siguientes moléculas?

HBr

HBr es una molécula polar: interacción dipolo-dipolo. También hay fuerzas de dispersión entre moléculas de HBr.

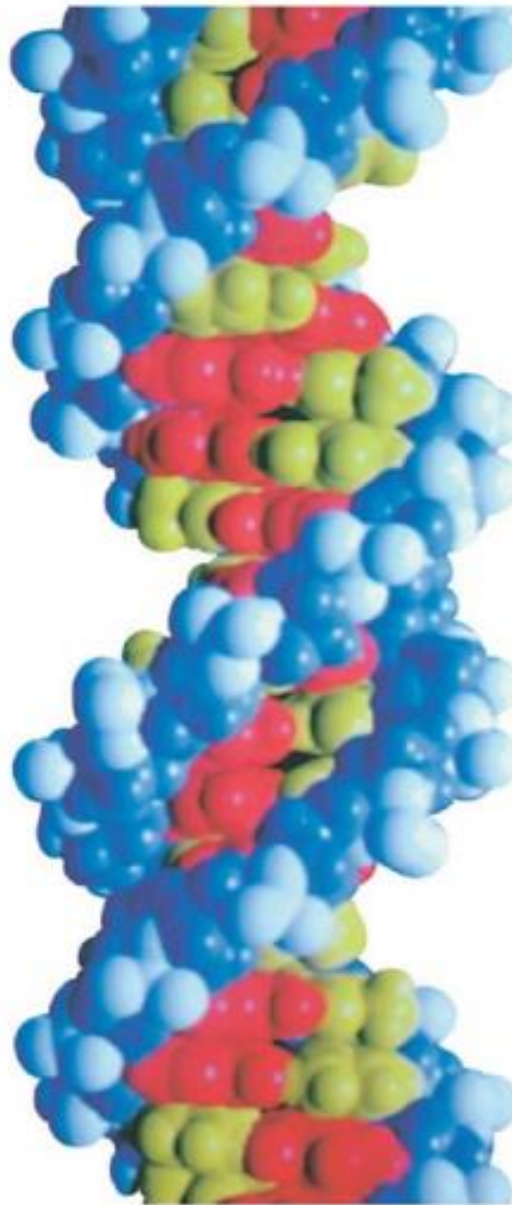
CH₄

CH₄ es no polar: fuerzas de dispersión.

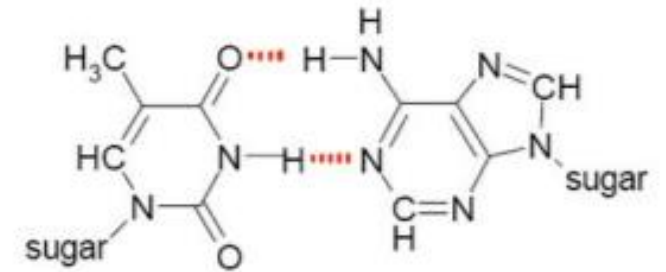


SO₂ es una molécula polar: fuerzas dipolo-dipolo. También hay fuerzas de dispersión entre las moléculas de SO₂.

- Las interacciones puente de hidrógeno son las fuerzas intermoleculares más intensas que se establecen entre moléculas covalentes polares, lo que es un factor determinante en la formación y estructura de moléculas con función biológica, como las proteínas o el ADN.

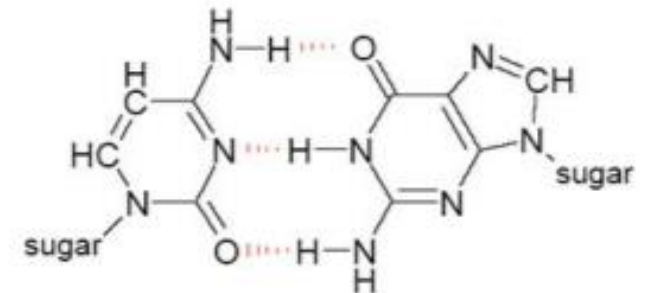


Nucleobases:



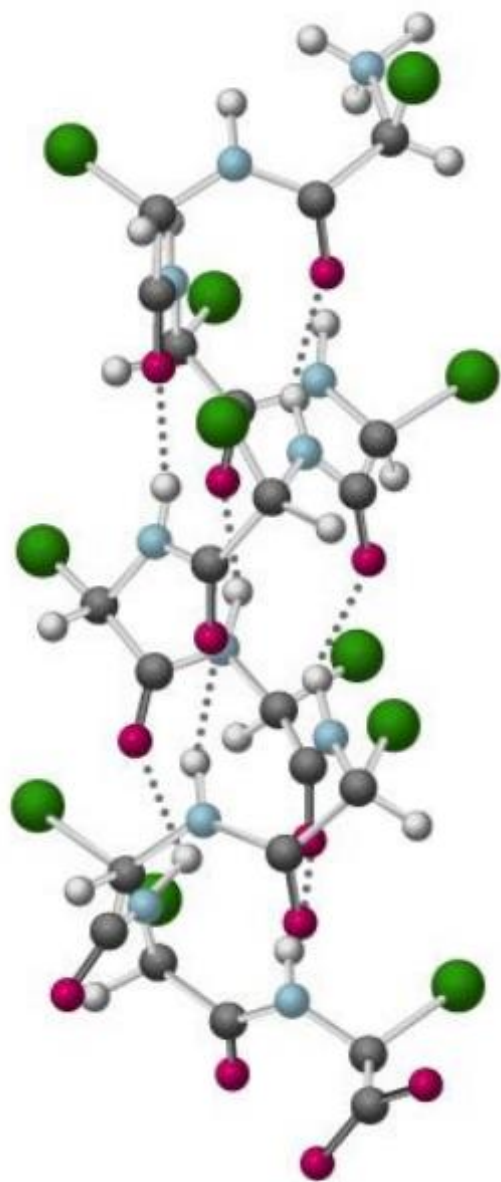
Thymine T

Adenine A

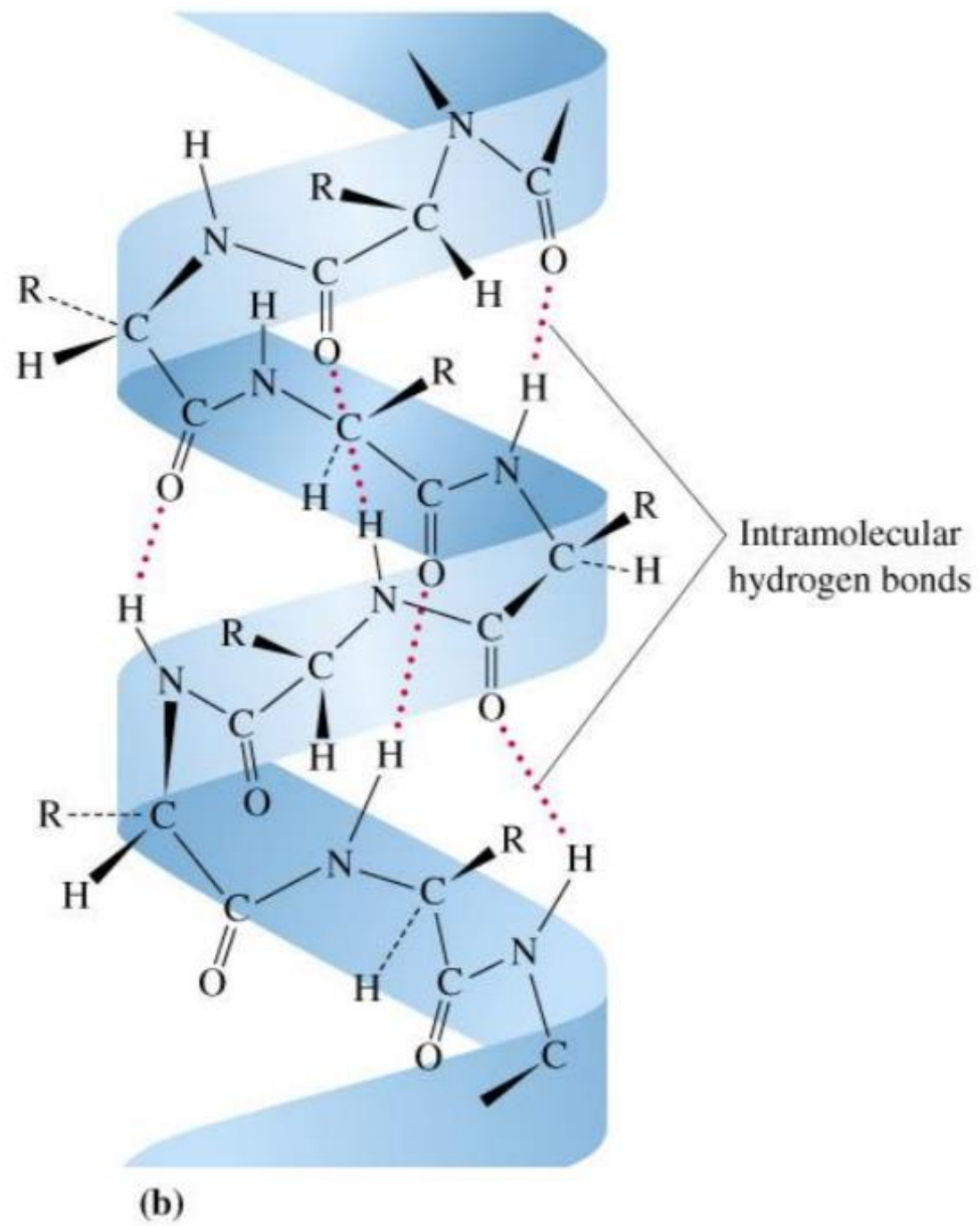


Cytosine C

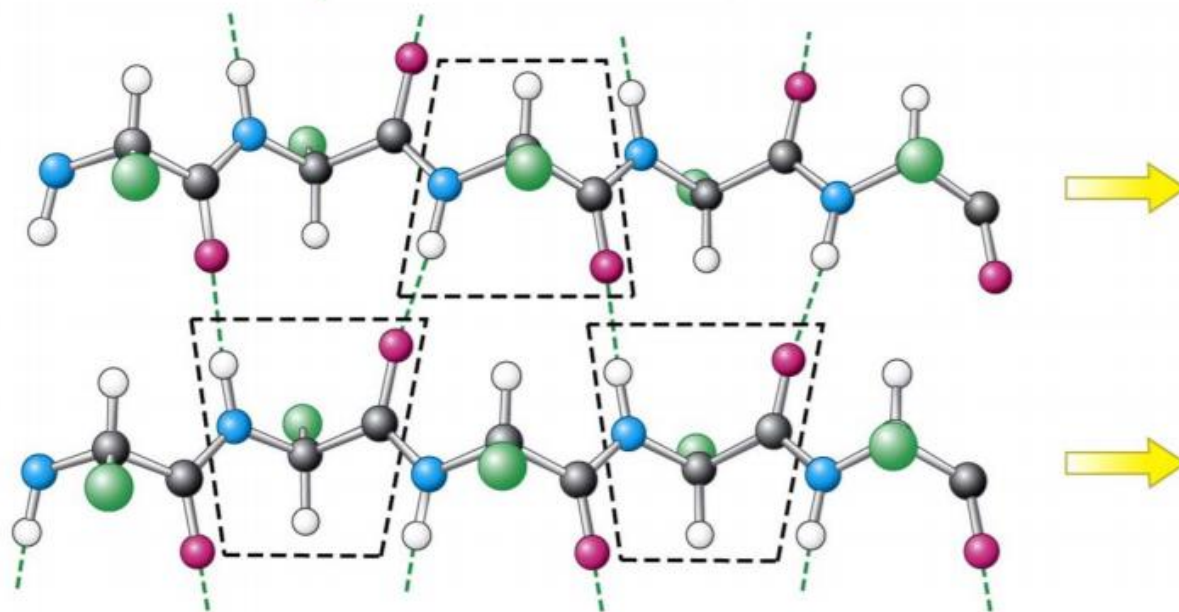
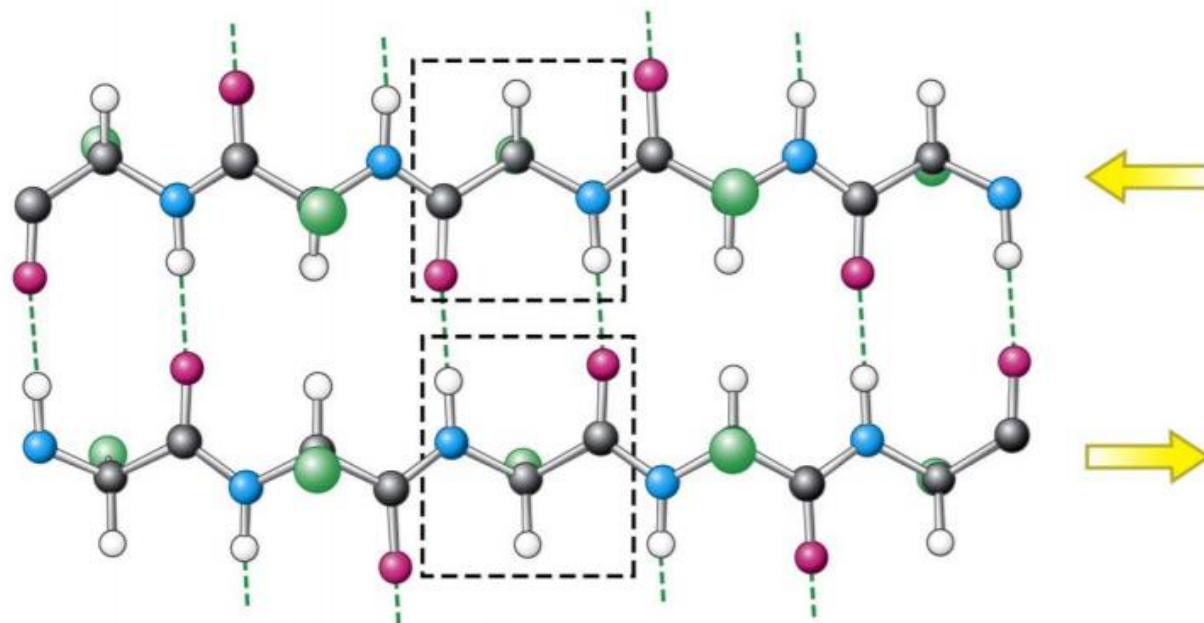
Guanine G



hélices



Hoja beta



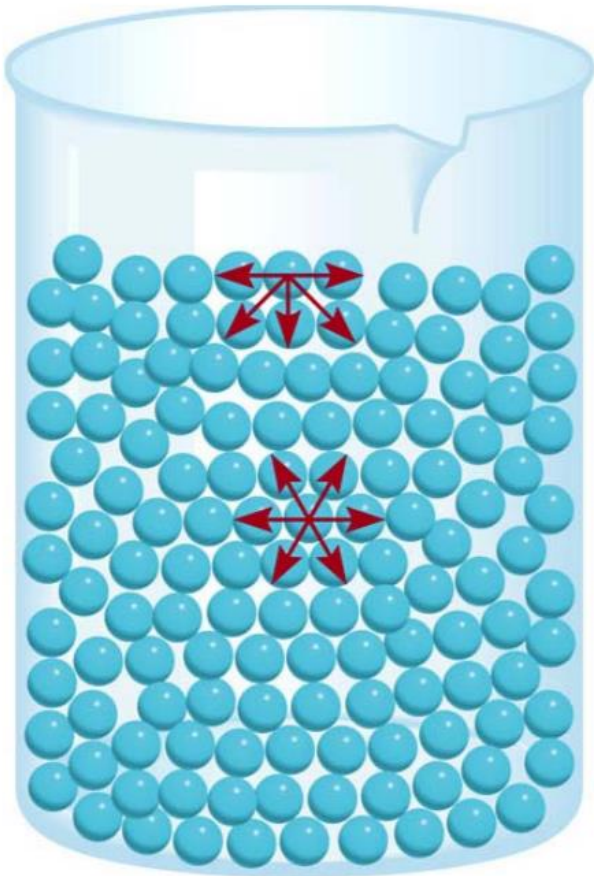
Tensión superficial

- La tensión superficial es la cantidad de energía requerida para dilatar o aumentar la superficie de un líquido por unidad de área

Fuerzas
intermoleculares
fuertes



Alta tensión
superficial



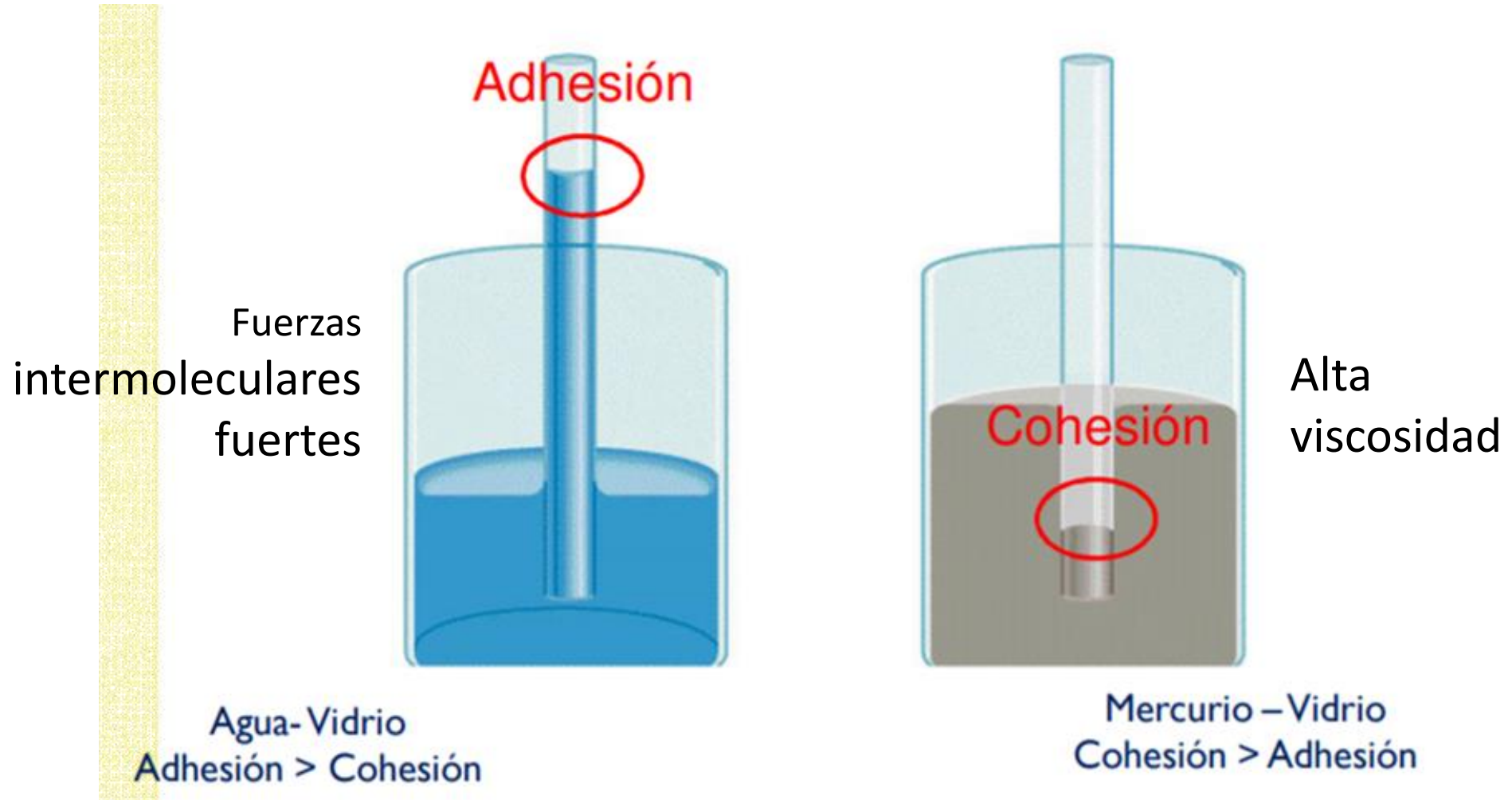
Vista a nivel molecular de las fuerzas intermoleculares que actúan sobre una molécula en la superficie de un líquido, en comparación con las que actúan sobre ella en el interior.

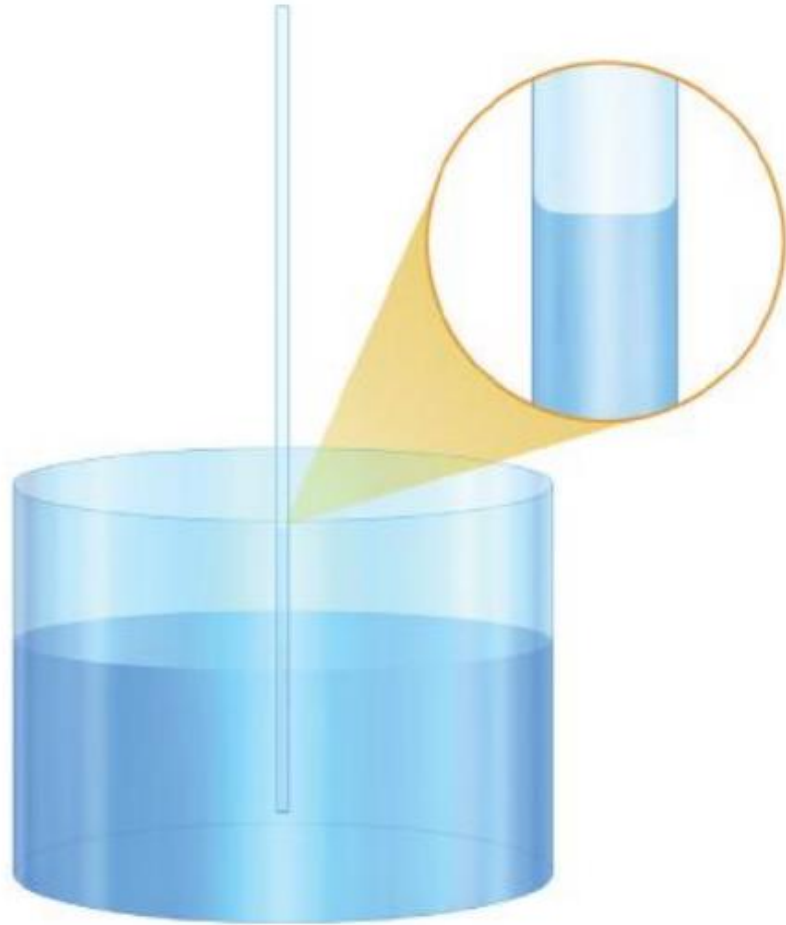
La tensión superficial permite a un insecto como el zapatero “caminar” sobre agua.



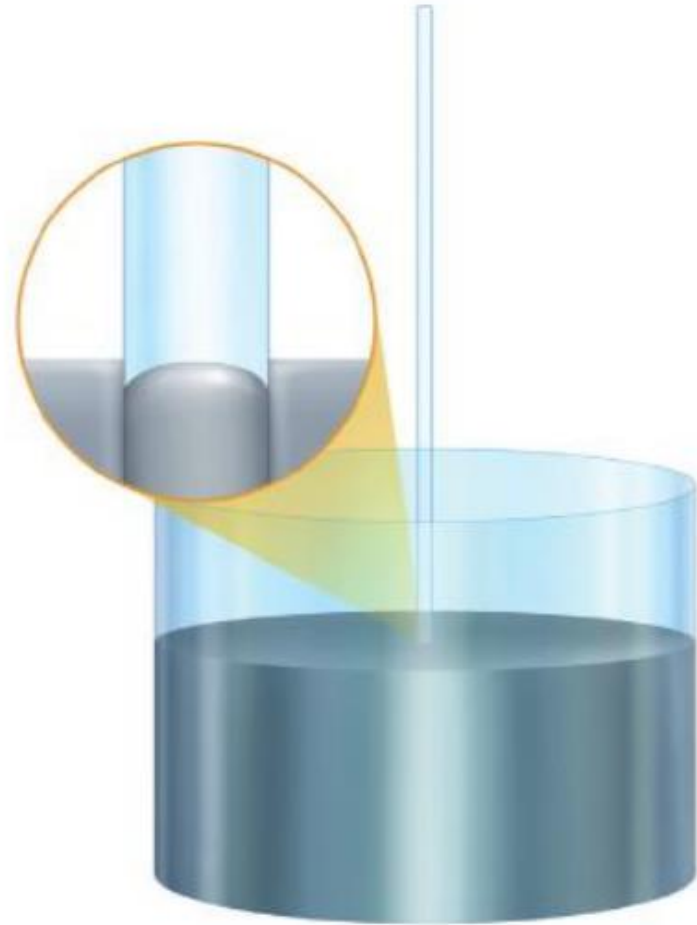
Fuerzas de cohesión y adhesión

- Cohesión: es la atracción intermolecular entre moléculas similares
- Adhesión: es la atracción entre moléculas diferentes





▲ Si un tubo capilar se inserta en un fluido en el cual la fuerzas adhesivas predominan respecto de las fuerzas cohesivas, el líquido sube dentro del tubo. Sucede, por ejemplo, en un capilar de vidrio inserto en agua.



▲ Cuando las fuerzas cohesivas entre las moléculas del líquido son mayores que las adhesivas, el nivel del líquido en el tubo desciende. Ocurre, por ejemplo, en un capilar de vidrio inserto en mercurio.

