

[academiacesarvallejo.edu.pe](http://academiacesarvallejo.edu.pe)

Ciclo

**INTENSIVO  
UNI**



— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

[academiacesarvallejo.edu.pe](http://academiacesarvallejo.edu.pe)

Ciclo

**INTENSIVO  
UNI**



— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

— ACADEMIA —  
**CÉSAR  
VALLEJO**

# QUÍMICA

Tema: Fuerzas intermoleculares  
Docente: Enrique De La Cruz Sosa

## I. OBJETIVOS

Los estudiantes al término de la sesión de clases serán capaces de:

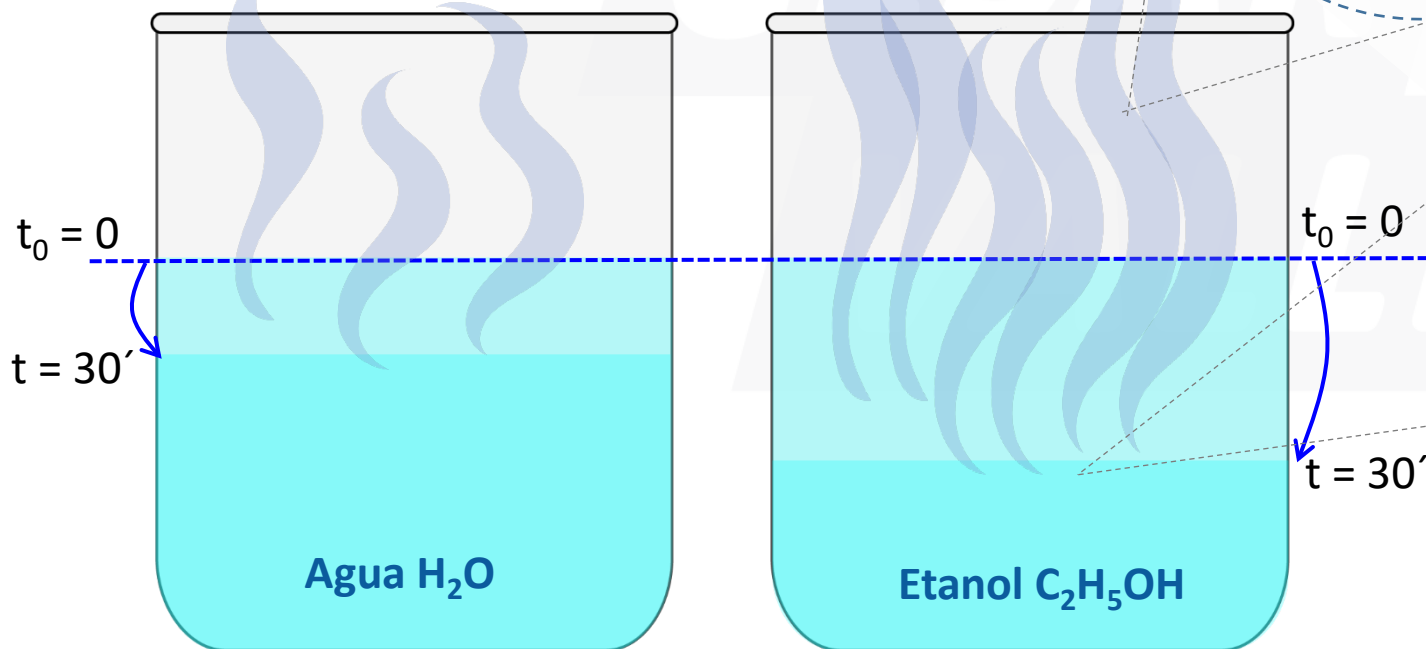
1. **Identificar** el tipo de fuerzas intermoleculares en una sustancia molecular.
2. **Explicar** los tipos de **fuerzas intermoleculares** presentes en las sustancias moleculares así como en las mezclas.
3. **Analizar** la influencia de las **fuerzas intermoleculares** en las **propiedades físicas** de una sustancia **molecular**.

## II. INTRODUCCIÓN

Analicemos el siguiente fenómeno físico llevado a cabo para ambos líquidos a igual temperatura.

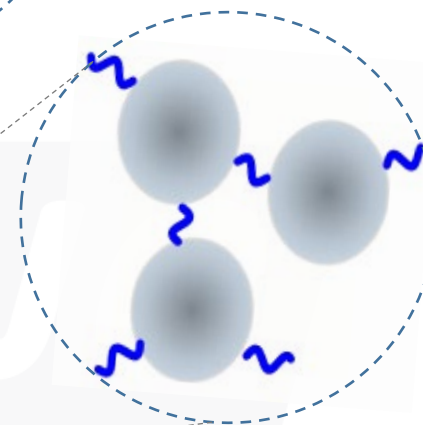
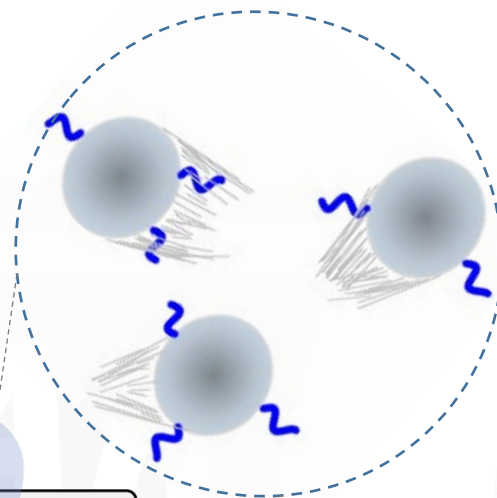
Luego de 30' observamos que:

- ✓ Los líquidos se han **vaporizado** (líquido  $\rightarrow$  vapor) a diferentes \_\_\_\_\_
- ✓ El \_\_\_\_\_ es **más volátil** (se vaporiza con facilidad) que el \_\_\_\_\_



### Análisis:

- ✓ En fase líquida, las moléculas están unidas entre sí.
- ✓ Posteriormente **las moléculas se separan** y pasan a la fase gaseosa.



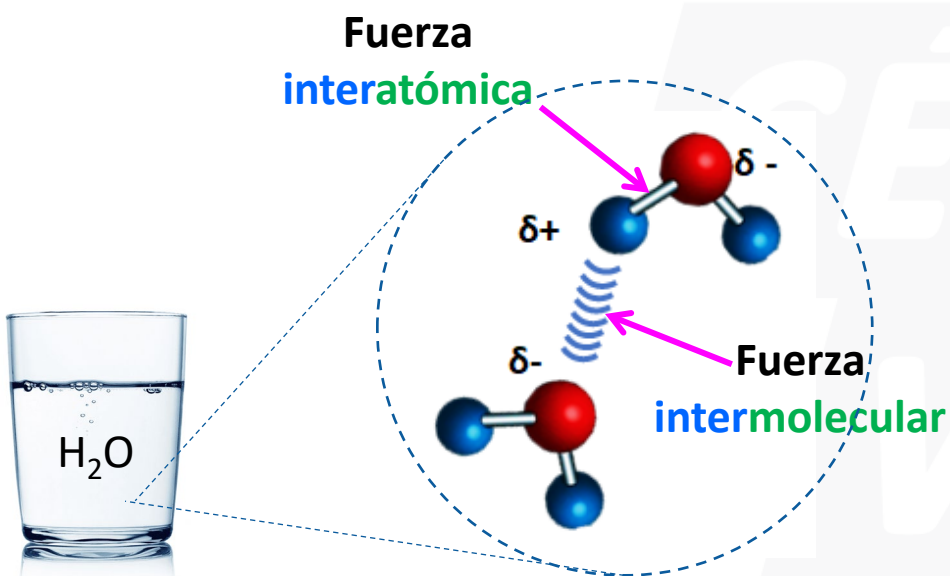
### Nos preguntamos:

¿Las moléculas de qué líquido están más fuertemente unidas entre sí?  
¿De qué naturaleza son estas fuerzas?

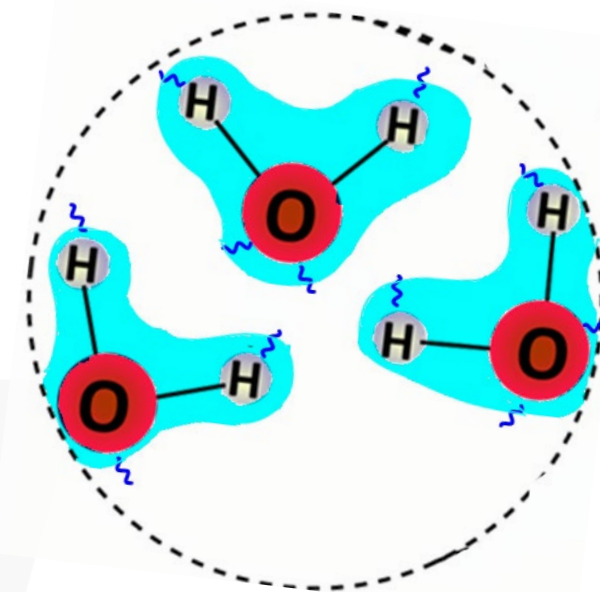
### III. FUERZAS INTERMOLECULARES – Concepto:

Las fuerzas intermoleculares son **fuerzas de naturaleza eléctrica** que permiten la unión de las moléculas de una misma sustancia (ej.,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ ), así como de sustancias diferentes (ej.,  $\text{NaCl}_{(ac)}$ ).

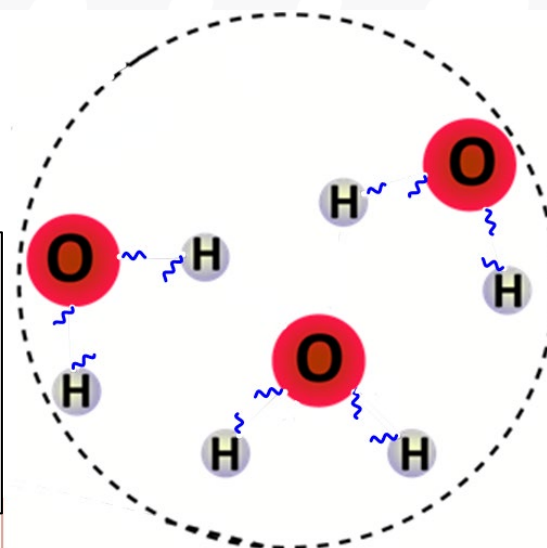
Las fuerzas intermoleculares son más intensas en los estados sólido y líquido (fases condensados de la materia).



Para romper 1 mol de uniones intermoleculares  $\text{H}_2\text{O} \dots \text{H}_2\text{O}$ , se requieren absorber aproximadamente **41 kJ** de energía.



Para romper 1 mol de uniones interatómicas  $\text{H}-\text{O}$ , se requieren absorber aproximadamente **927 kJ** de energía.



#### En conclusión:

Las fuerzas intermoleculares son de menor intensidad que las fuerzas de unión interatómicas (enlaces químicos).



### III. FUERZAS INTERMOLECULARES – Importancia:

La intensidad de las fuerzas intermoleculares influyen en el valor que asumen las **propiedades físicas** de las sustancias moleculares. Así por **ejemplo**:

- ✓ **Viscosidad** del aceite lubricante.
- ✓ **Tensión superficial** en el agua, etc.
- ✓ **Temperatura de ebullición** del alcohol etílico



Viscosidad



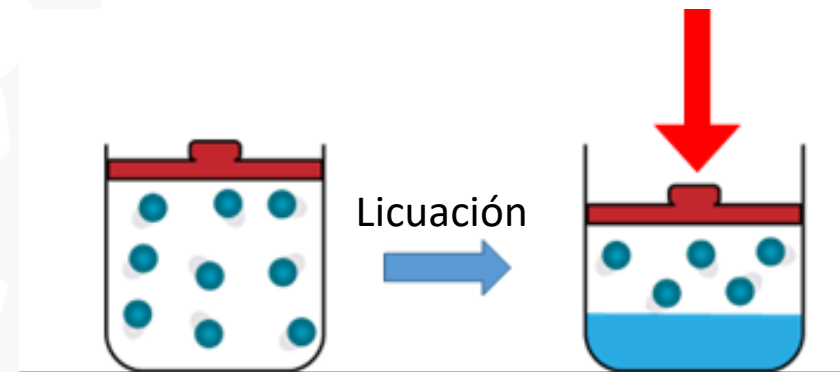
Tensión superficial.



Temperatura de ebullición

Durante los **cambios físicos** de las sustancias moleculares deben romperse las fuerzas de unión intermolecular, o por el contrario, deben favorecerse la unión entre moléculas. Así por **ejemplo**:

**Licuación** del propano y butano en el GLP.



Otros cambios físicos:

**Vaporización** del alcohol etílico

**Solidificación** de la cera de una vela.

**Volatilidad** de la acetona, etc.



Gas licuado:  
butano ( $C_4H_{10}$ )

# IV. CLASIFICACIÓN DE LAS FUERZAS INTERMOLECULARES

Se clasifican

Interacciones débiles  
(Fuerzas de Van der Waals)

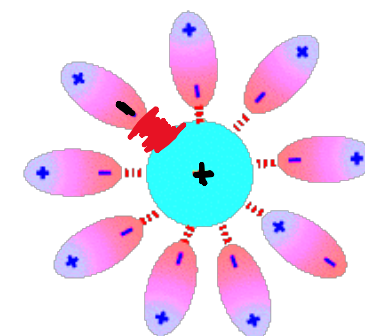
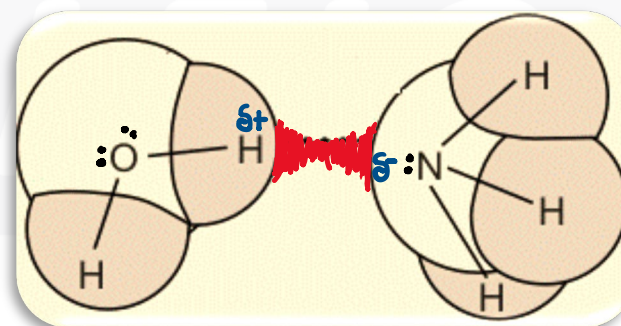
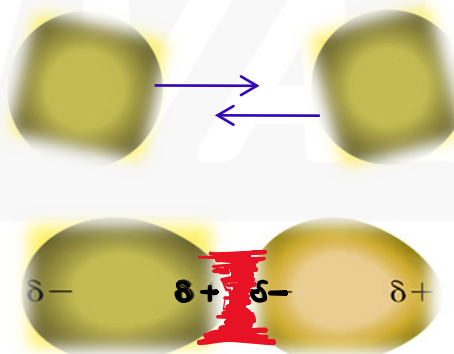
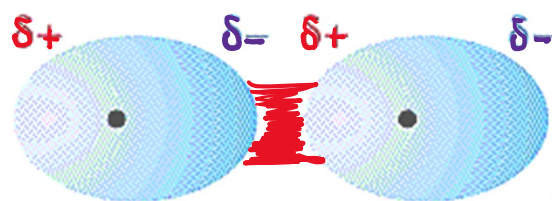
Interacciones fuertes

Fuerzas dipolo –  
dipolo  
(Fzas. de Keesom)

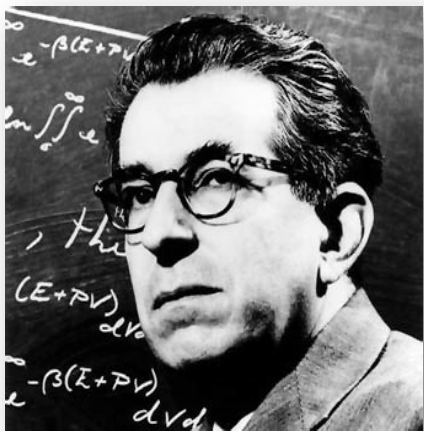
Fuerzas de  
dispersión  
(Fzas. de London)

Enlace Puente  
de Hidrógeno

Fuerzas Ion -  
dipolo



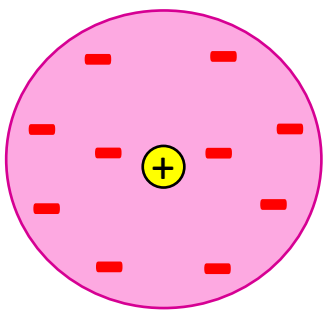
Las fuerzas de unión intermolecular se ven favorecidas entre las **moléculas polares** (presencia de dipolos eléctricos permanentes y contrarios:  $\delta^+ \cdots \delta^-$ ), sin embargo, también están presentes en las **uniones de moléculas apolares**.



Llamada también **fuerza de dispersión**, estas fuerzas (de corto alcance) tienen como origen la dispersión causada por el **desarreglo interno del número total de electrones** presentes en la molécula que se ve influenciada por la presencia de campos eléctricos.

**Análisis** para una molécula APOLAR (Neón: Ne)

### Molécula apolar

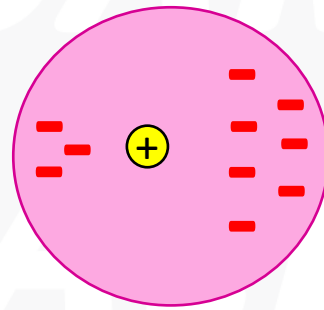


Distribución homogénea de los 10 electrones por molécula.

El movimiento de electrones genera en tiempos breves la concentración de electrones en ciertas regiones más que en otras, formando así, **dipolos instantáneos**.

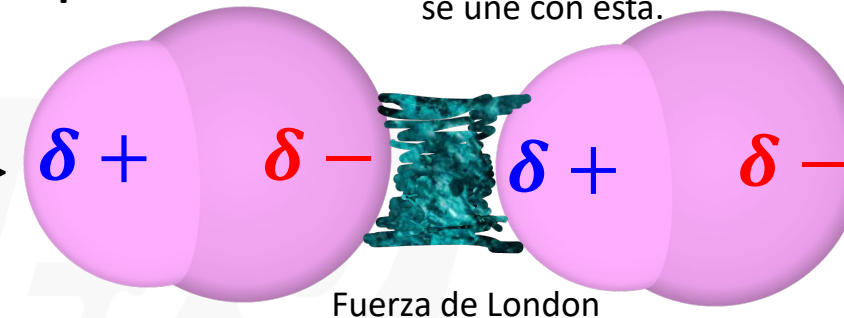
A este fenómeno se le denomina

**Polarizabilidad**



Distribución asimétrica de los electrones. Esto da lugar a la presencia de dipolos instantáneos y temporales.

### Dipolo instantáneo



Este dipolo instantáneo induce a otra molécula apolar, y finalmente se une con esta.

Fuerza de London

- A mayor tamaño de la molécula
- A mayor N° electrones



Mayor polarizabilidad



Mayor Fza. London

### Importante:

Las fuerzas de London se presentan tanto entre moléculas **polares**, entre moléculas **apolares** y entre **polares - apolares**.



## Ejercicio 1.

¿Qué sustancia molecular,  $F_2$  o  $Br_2$ , presenta mayor intensidad de la fuerza de London?

Número atómico (Z): F=9; Br=35

## Resolución 1

## Ejercicio 2.

¿Qué sustancia molecular presenta mayor intensidad de la fuerza de London?

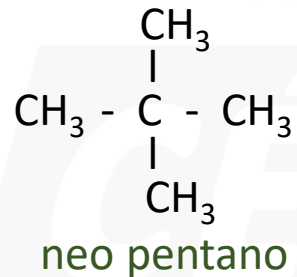
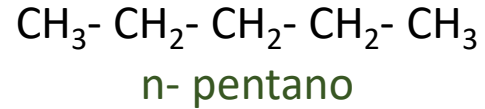
$CH_4$   
metano

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$   
butano

## Resolución 2

## Ejercicio 3.

Establezca la desigualdad en las temperaturas de ebullición para los siguientes isómeros (ambos con igual masa molar).

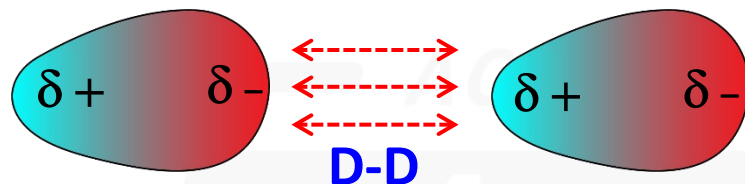


## Resolución 3

Nos piden comparar por su temperatura de ebullición a los líquidos, cuya estructura se indica

## VI. FUERZA de KEESOM

- Llamada también **fuerza de interacción dipolo-dipolo**. Estas fuerzas se presentan entre moléculas **polares** (moléculas con **dipolos permanentes**).

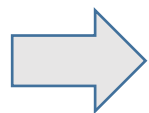


- A mayor **momento dipolar resultante**,  $\mu_R$ , mayor intensidad de las fuerzas de Keesom. Así por ejemplo, si comparamos la intensidad D-D entre las uniones: **H<sub>2</sub>S....H<sub>2</sub>S** y **HCl....HCl**, habrá mayor fuerza de atracción en el H<sub>2</sub>S.

- Para **MOLÉCULAS DIATÓMICAS** (XY) el **momento dipolar** dependerá de la mayor diferencia de electronegatividades ( $\Delta EN$ ). Así, por ejemplo:

$$\Delta EN (H-Cl) = 0,9$$

$$\Delta EN (H-I) = 0,4$$



Momento dipolar: HCl > HI

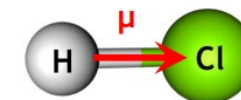
Intensidad dipolo - dipolo: HCl > HI

- Como sabemos, las moléculas unidas por dipolo – dipolo **también están influenciadas por la fuerza de London**, siendo éstas últimas las que **más influyen** en la fuerza resultante de interacción intermolecular lo que repercute en la mayor intensidad de las propiedades físicas (temperatura de ebullición, viscosidad, etc.)



**Willem Keesom**  
(1876 – 1956)

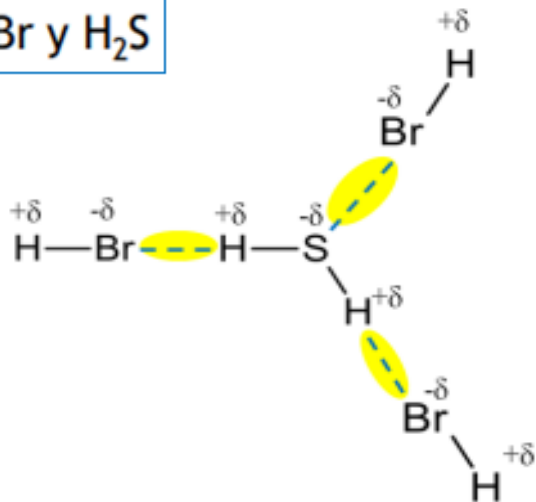
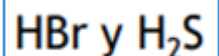
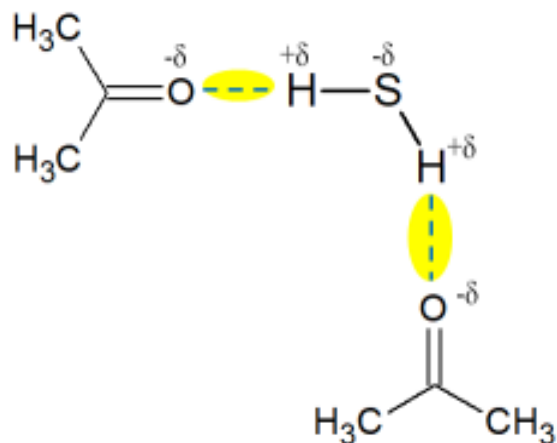
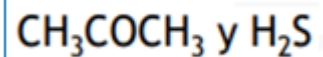
| Sustancia        | Momento dipolar ( $\mu$ ) D |
|------------------|-----------------------------|
| HCl              | 1,08                        |
| H <sub>2</sub> S | 1,1                         |



| MOLÉCULAS POLARES   | MOMENTO DIPOLAR (D) | ENERGIA DE DISPERSIÓN DE LONDON (kJ/mol) |
|---------------------|---------------------|--|
| $\delta+$ $\delta-$ | (Fza. De Keesom)    |  |
|                     | 1,08                | 1,54                                     |
|                     | 0,44                | 5,62                                     |

## VI. FUERZA de KEESOM

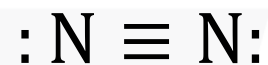
Se observa **ejemplos** de moléculas que se encuentran enlazadas por interacción dipolo – dipolo.



## Ejercicio 4.

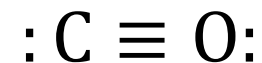
Identifique el tipo o tipos de fuerzas intermoleculares (FI) presentes en las siguientes sustancias.

## Resolución 4 :



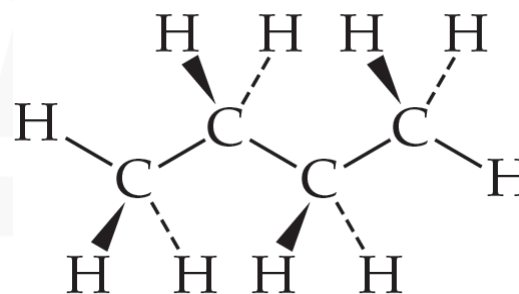
molécula apolar

FI: Fza. de London



molécula polar

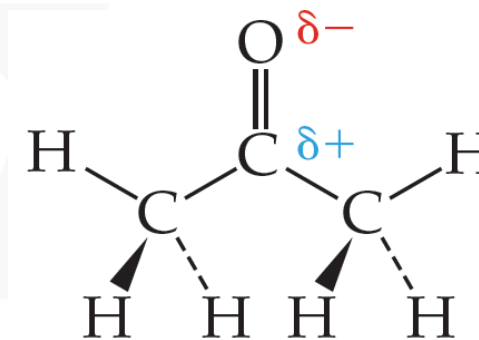
FI: Fza. de London y dipolo - dipolo



Butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )

molécula apolar

FI: Fza. de London



Acetona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ )

molécula polar

FI: Fza. de London y dipolo - dipolo



## Ejercicio 5.

## EX.AD UNI – 2023-2

El  $\text{H}_2\text{O}$  es un líquido que posee un punto de ebullición de 373,15 K (a 1 atm de presión), mientras que el  $\text{H}_2\text{S}$  es un gas que posee un punto de ebullición de 212,82 K (a 1 atm de presión). Esto se debe principalmente a que entre las moléculas de agua, en estado líquido, existen:

- A) Interacciones dipolo - dipolo intensas
- B) Fuerzas de dispersión intensas
- C) Interacciones puente de hidrógeno
- D) Interacciones dipolo - dipolo inducido
- E) Interacciones de London muy débiles

## Resolución 5

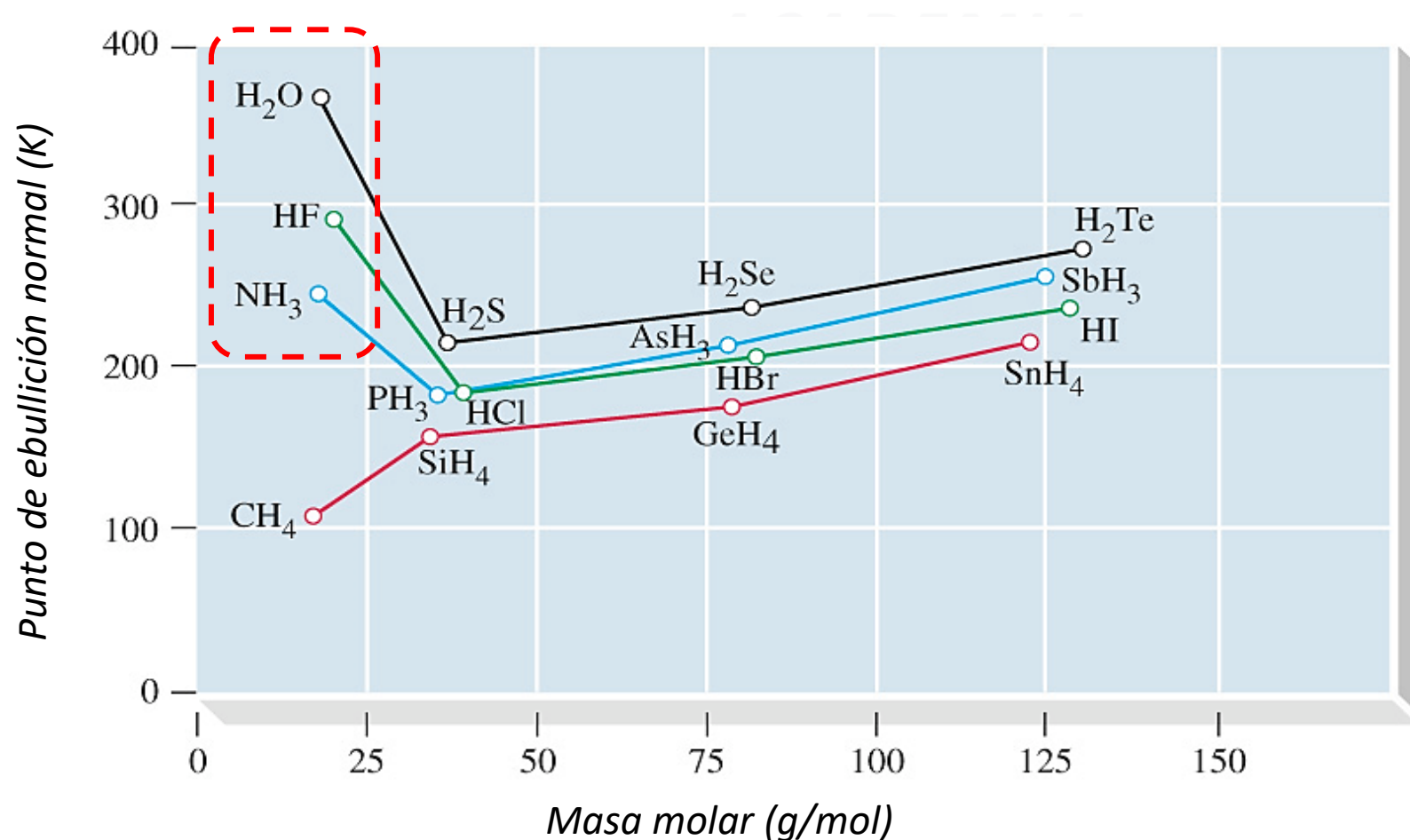
Nos piden indicar la principal interacción entre las moléculas de agua

Rpta: Interacciones puente de hidrógeno

Clave: C

## VI. FUERZA puente de HIDRÓGENO

¿Por qué el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) tiene mayor temperatura de ebullición que sus homólogos  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$  y  $\text{H}_2\text{Te}$ , si su masa molar es menor que ellos?

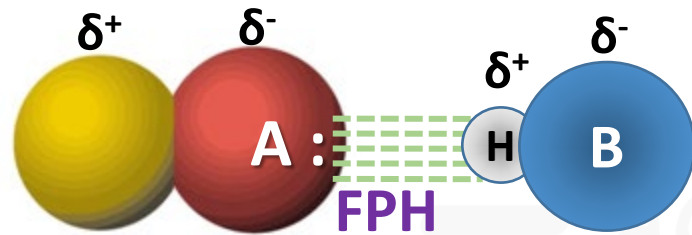


Si analizamos la gráfica, se comprueba la generalidad que:

A mayor masa molar, mayor temperatura de ebullición, sin embargo para las sustancias:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HF}$  y  $\text{NH}_3$ , esta generalidad no es correcta.



## VII. FUERZA puente de HIDRÓGENO (FPH)



El enlace de hidrógeno o fuerza puente hidrógeno, es aquella fuerza intermolecular que, al igual que el D-D, une a moléculas polares, sin embargo, la **mayor intensidad de las FPH** respecto del D-D, radica en la fuerte unión que se presenta entre **el átomo de hidrógeno** (polo positivo) con el **par de electrones no enlazantes** perteneciente a átomos de alta electronegatividad y de tamaño pequeño: **F, O, N**, los cuales corresponden al polo negativo de la otra molécula a enlazarse.

**Nota:**

Recuerda, las moléculas que se unen por fuerzas puente hidrógeno también están influenciadas por **fuerzas de London**.

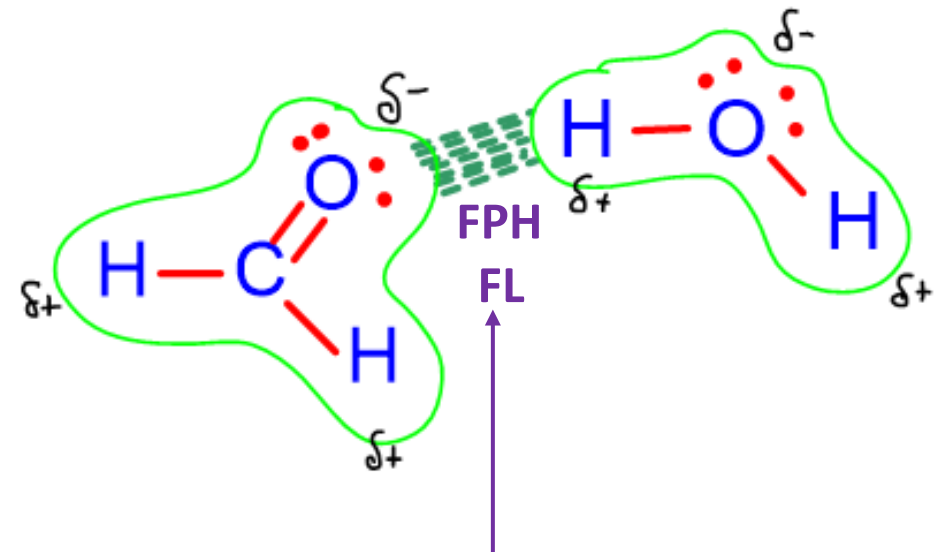


**Wendell  
Latimer**  
(1893 – 1955)



**Worth  
Rodebush**  
(1887 – 1959)

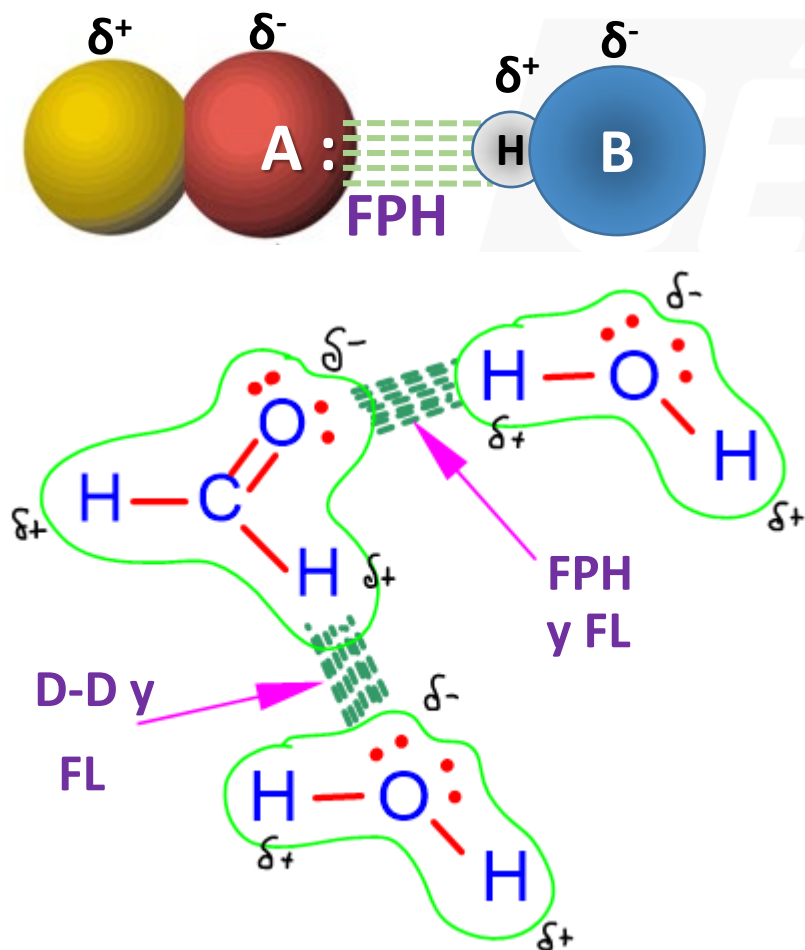
Ej.: Unión entre las moléculas del metanal (HCHO) y del agua (H<sub>2</sub>O)



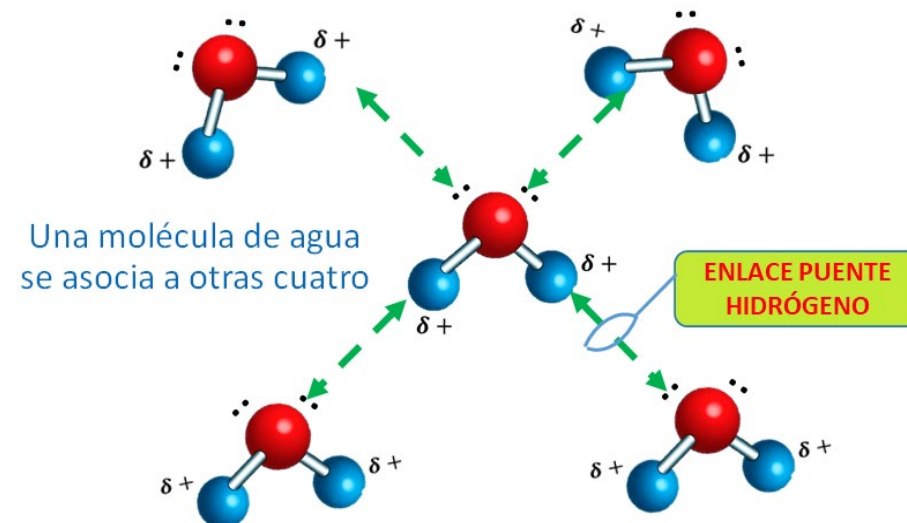
## VII. FUERZA puente de HIDRÓGENO

### IMPORTANTE:

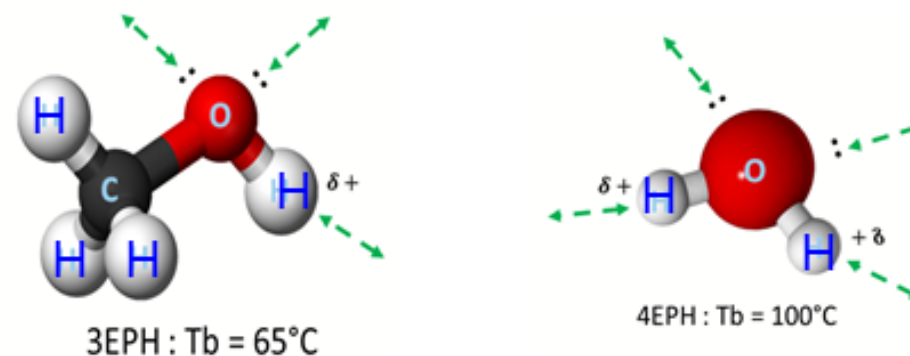
1. Para que la unión sea tipo FPH, tanto los átomos **A** y **B** deben ser: F, O o N, en caso contrario la unión será tipo Dipolo – dipolo.



2. Las sustancias que en estado líquido se unen por FPH, a nivel molecular se denominan **líquidos asociados**, debido a su sobresaliente grado de cohesión intermolecular.



3. A mayor número de FPH que presenta **una molécula** en unión con otras, **mayor será la temperatura de ebullición**.



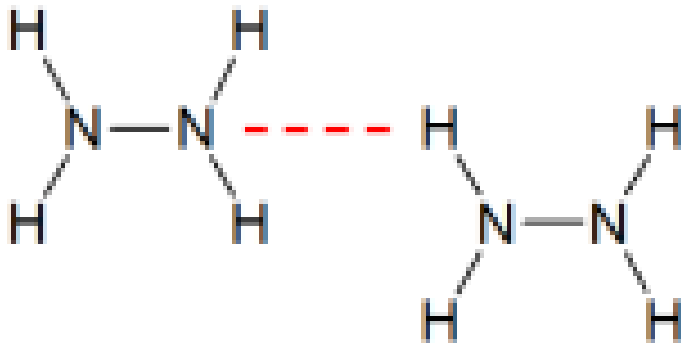


## VII. FUERZA puente de HIDRÓGENO

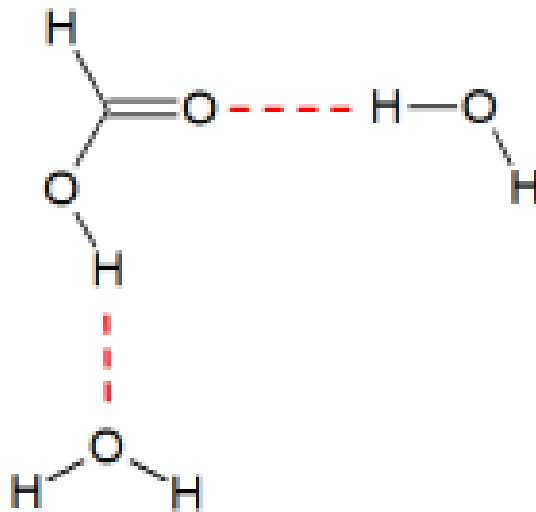
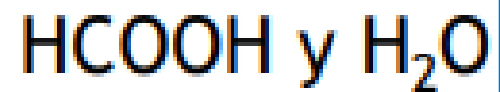
Ejemplos de moléculas que interaccionan por uniones puente de hidrógeno.



Hidracina

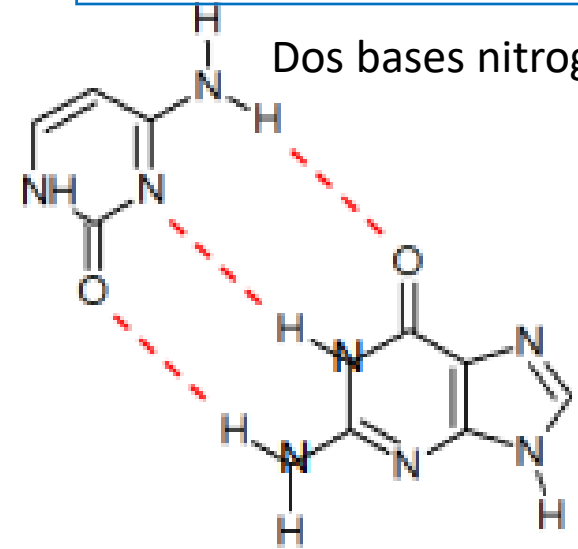


Formaldehído en agua



Citosina y guanina

Dos bases nitrogenadas



## Ejercicio 6.

## EX AD. UNI – 2015 –2

Al agregar cuidadosamente 5 mL de  $\text{CCl}_4$  a 20 mL de agua colocada en un tubo de ensayo, se observan dos fases líquidas.

Dadas las siguientes proposiciones formuladas en base a lo ocurrido, ¿cuáles son correctas?

$$\text{Relación de densidades} = \frac{\rho_{\text{CCl}_4}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} = 1,59$$

Números atómicos: H = 1; C = 6; O = 8; Cl = 17

- I. El tetracloruro de carbono es apolar.
- II. Las fuerzas intermoleculares en la fase líquida superior son del tipo dipolo instantáneo-dipolo inducido.
- III. Las fuerzas intermoleculares en la fase líquida inferior son del tipo dispersión de London.

- |             |            |           |
|-------------|------------|-----------|
| A) solo I   | B) solo II | C) I y II |
| D) II y III | E) I y III |           |

## Resolución 6

Nos piden indicar las proposiciones correctas

Respuesta: I y III

Clave: E

**Ejercicio 7. EX. AD.UNI – 2019 – 1**

Durante el fenómeno de la disolución pueden desarrollarse una serie de interacciones intermoleculares. ¿Cuáles de las siguientes son posibles?

- I. Puente de hidrógeno
- II. Ion-dipolo
- III. Dipolo-dipolo inducido

- A) solo I      B) solo II      C) solo III
- D) I y II      E) I, II y III

**Resolución 7**

Nos piden indicar los tipos de fuerzas intermoleculares posiblemente que se formen durante la disolución.

Respuesta: I, II y III

Clave: E

## VIII. GLOSARIO

**Fuerzas de dispersión**, fuerzas de atracción que surge como resultado de dipolos temporales inducidos en los átomos o moléculas; también se llaman fuerzas London.

**Fuerza eléctrica**, interacción que se da entre cuerpos que poseen carga eléctrica.

**Fuerzas ion-dipolo**, fuerzas que operan entre un ion y un dipolo.

**Masa molar**, es la masa en gramos de un mol de átomos, moléculas u otras partículas.

**Molécula**, partícula constituido de dos o mas átomos unidos por enlace covalente, con una composición definida. Los gases nobles son moléculas monoatómicas.

**Polarizabilidad**, es la tendencia de una nube de electrones a distorsionarse de su forma normal.

**Puntos de ebullición**, le corresponde a un líquido, donde las fases líquidas y gaseosa coexisten a la misma temperatura.

**Volátil**, líquido que tiene predisposición para convertirse en vapor.



## IX.BIBLIOGRAFÍA

- ❑ Chang, R. y Goldsby, K. (2017). **Química**. Duodécima ed. México. McGraw Hill Interamericana Editores.
- ❑ McMurry, J.E y Fay, R.C (2009). **Química General**. Quinta ed.. México. Pearson Educación.
- ❑ Brown T. L., H. Eugene L., Bursten B.E., Murphy C.J., Woodward P.M. (2014). **Química, la ciencia central**. decimosegunda ed.. México. Pearson Educación.
- ❑ Asociación Fondo de Investigación y Editores, Cristóbal A.Y (2016). **La Guía Científica. Formulario de Matemáticas y Ciencias**. Primera edición. *Química* Perú. Lumbresas editores.
- ❑ Asociación Fondo de Investigación y Editores, Ponte W.H (2019). **Química. Fundamentos y aplicaciones**. Primera edición. Perú. Lumbresas editores.



## Anexos:

Temperatura de ebulición:

$F_2$ : - 188°C

$Br_2$ : + 59°C

$CH_4$ : - 162°C

n-butano: - 0,5°C

n-pentano: + 36,1°C

neopentano: + 9,5°C

— ACADEMIA —  
**CÉSAR**  
**VALLEJO**

— ACADEMIA —

**CÉSAR**

**VALLEJO**

**GRACIAS**

SÍGUENOS:   

[academiacesarvallejo.edu.pe](https://academiacesarvallejo.edu.pe)