



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FCEN**

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
Naturaleza – Ciencia - Humanismo



**SOLUCIONES**



# CONTENIDOS

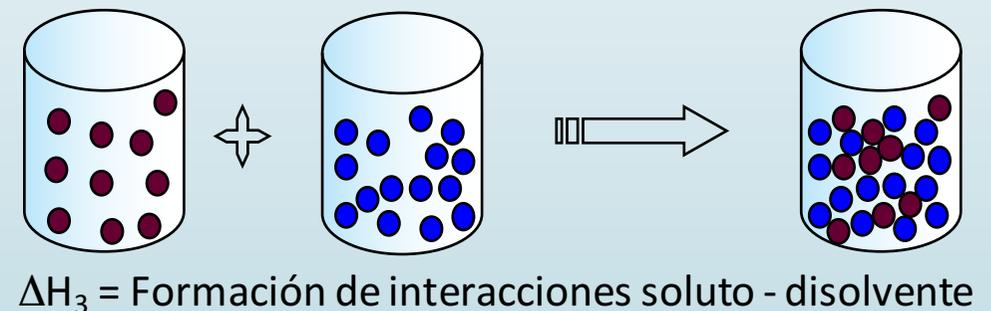
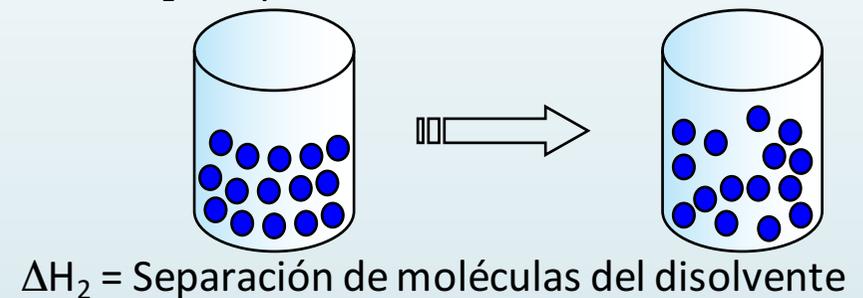
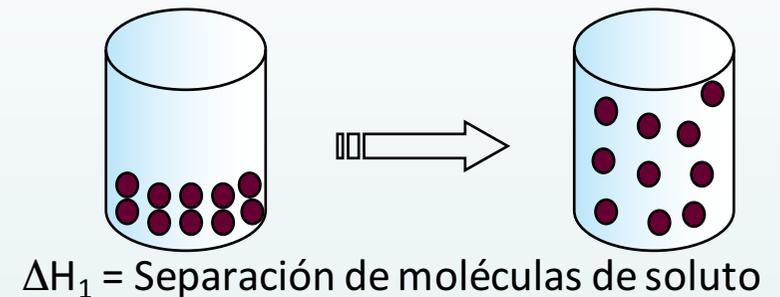
- ▶ **Soluciones. Clasificación. Unidades y expresiones de concentración. Solubilidad. Factores que afectan la Solubilidad. Curvas de solubilidad.**
- ▶ **Presión de vapor. Puntos de Ebullición y Fusión. Diagramas de Fase. Diagrama de Fase del Agua. Diagrama de fases de las soluciones.**

# SOLUCIONES

Se define una solución o disolución, como una mezcla homogénea formada por dos o más componentes en proporciones variables.



## PROCESO DE DISOLUCIÓN



**INTERACCIONES**

# Clasificación de soluciones:

## ➤ De acuerdo al número de componentes:

- Binarias
- Ternarias
- Cuaternarias

## ➤ De acuerdo al estado físico de los componentes:

- Líquidas
- Gaseosas
- Sólidas

## ➤ De acuerdo a su concentración, cualitativamente:

- Concentrada
- Diluida

## ➤ De acuerdo a su concentración, semi-cuantitativamente:

- Insaturada
- Saturada
- Sobresaturada

## ➤ De acuerdo a su concentración, cuantitativamente:

- Usando expresiones físicas de concentración
- Usando expresiones químicas de concentración

## Según el estado físico del soluto y disolvente:

Soluto	Disolvente	Estado de la solución	Ejemplo
Gas	Gas	Gas	Aire
Líquido	Gas	Gas	Niebla
Sólido	Gas	Gas	Polvo en el aire
Gas	Líquido	Líquido	CO <sub>2</sub> en agua
Líquido	Líquido	Líquido	Petróleo
Sólido	Líquido	Líquido	Azúcar en agua
Gas	Sólido	Sólido	H <sub>2</sub> en paladio
Líquido	Sólido	Sólido	Amalgama
Sólido	Sólido	Sólido	Aleaciones

# Según la CONCENTRACIÓN:

Expresión cualitativa

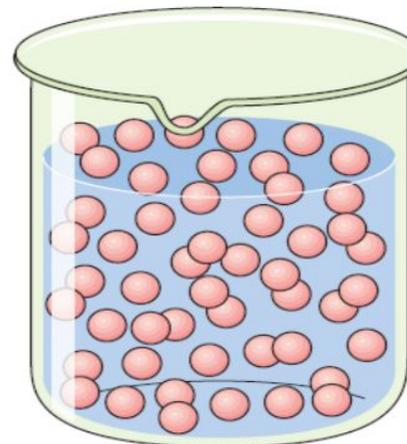
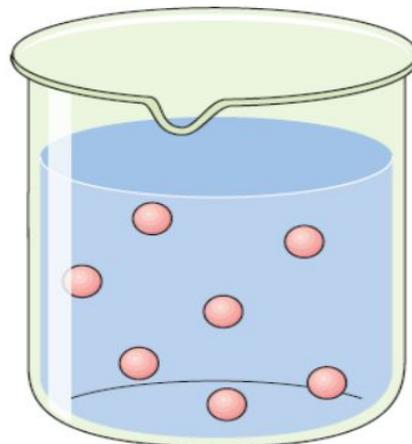
- DILUIDA
- CONCENTRADA



**DILUIDA**



**CONCENTRADA**



# SOLUBILIDAD (S)

**S:** Máxima cantidad de soluto que admite una cantidad dada de disolvente a una temperatura determinada para formar una solución saturada.

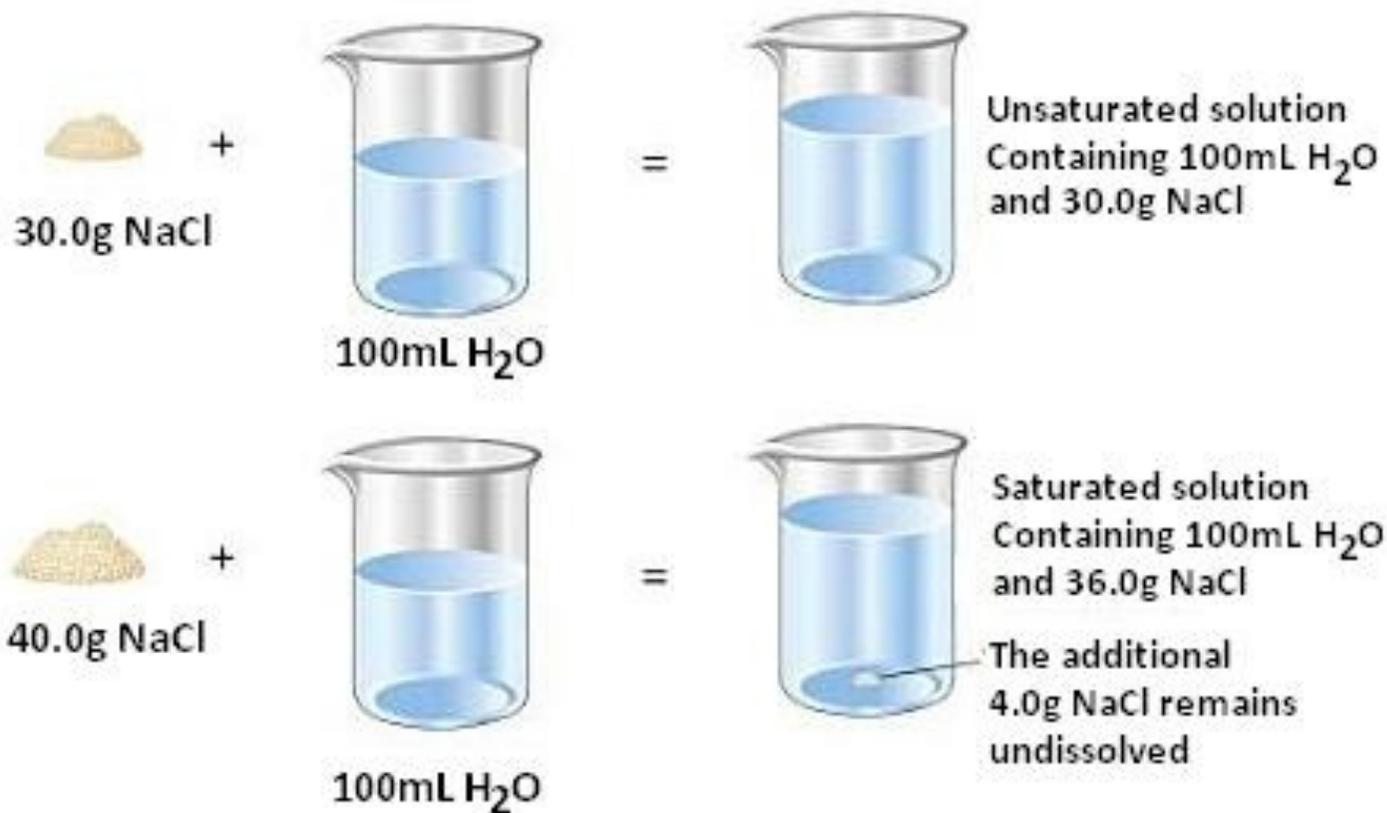
Se expresa como **cantidad de gramos de soluto en 100 gramos de disolvente a una temperatura determinada (m%<sub>m</sub>)**

Ejemplo: Solubilidad a 25°C es  $91 \text{ g}_{\text{ST}} / 100 \text{ g}_{\text{DV}}$

Una **solución saturada** es aquella en la que el soluto disuelto y no disuelto se encuentran en equilibrio dinámico entre sí.

La **solubilidad molar** de una sustancia es la concentración molar en una solución saturada.

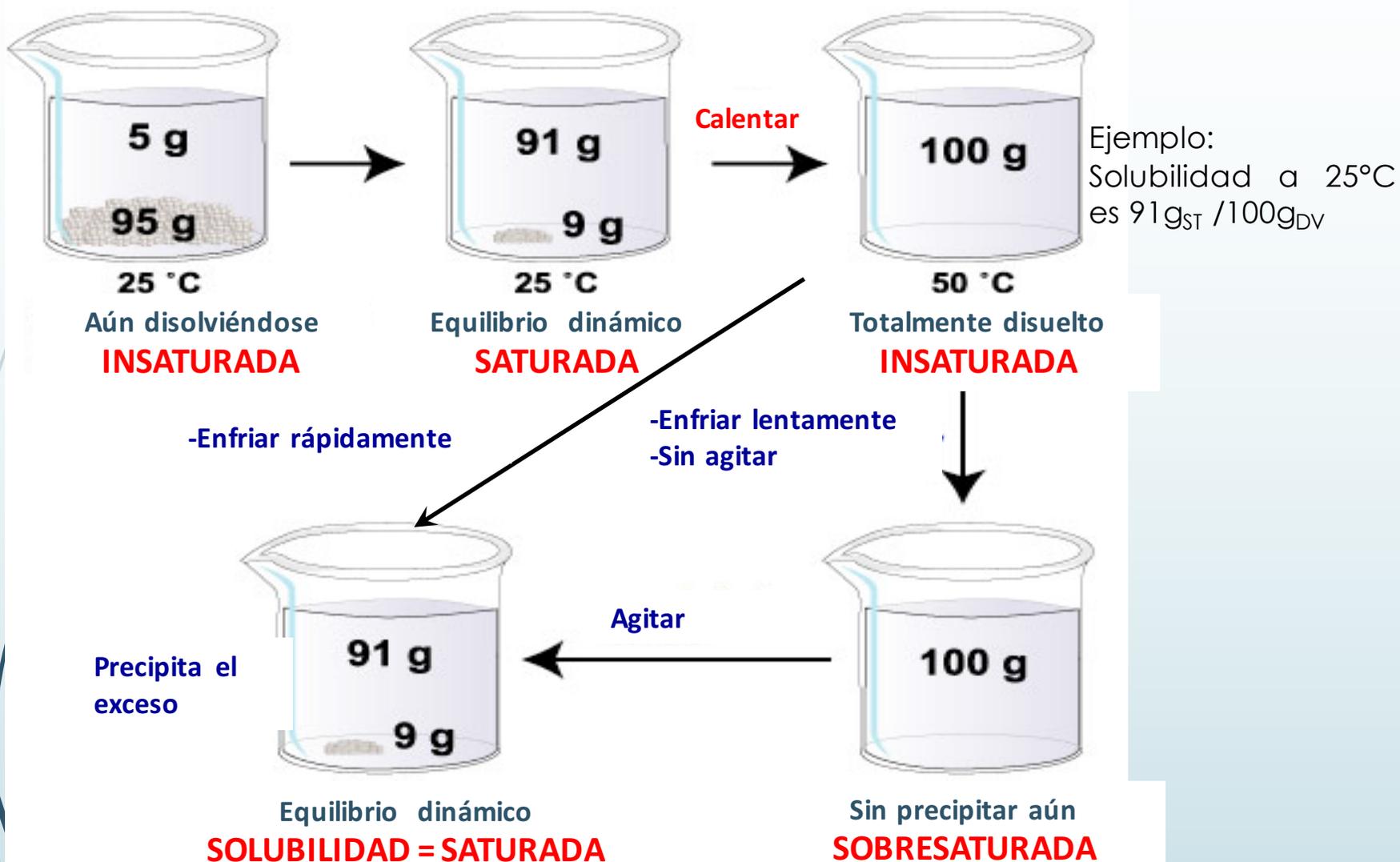
**S<sub>NaCl</sub>: 36 g/100g H<sub>2</sub>O T= 20 °C**



# Según la CONCENTRACIÓN:

## Expresión semi-cuantitativa

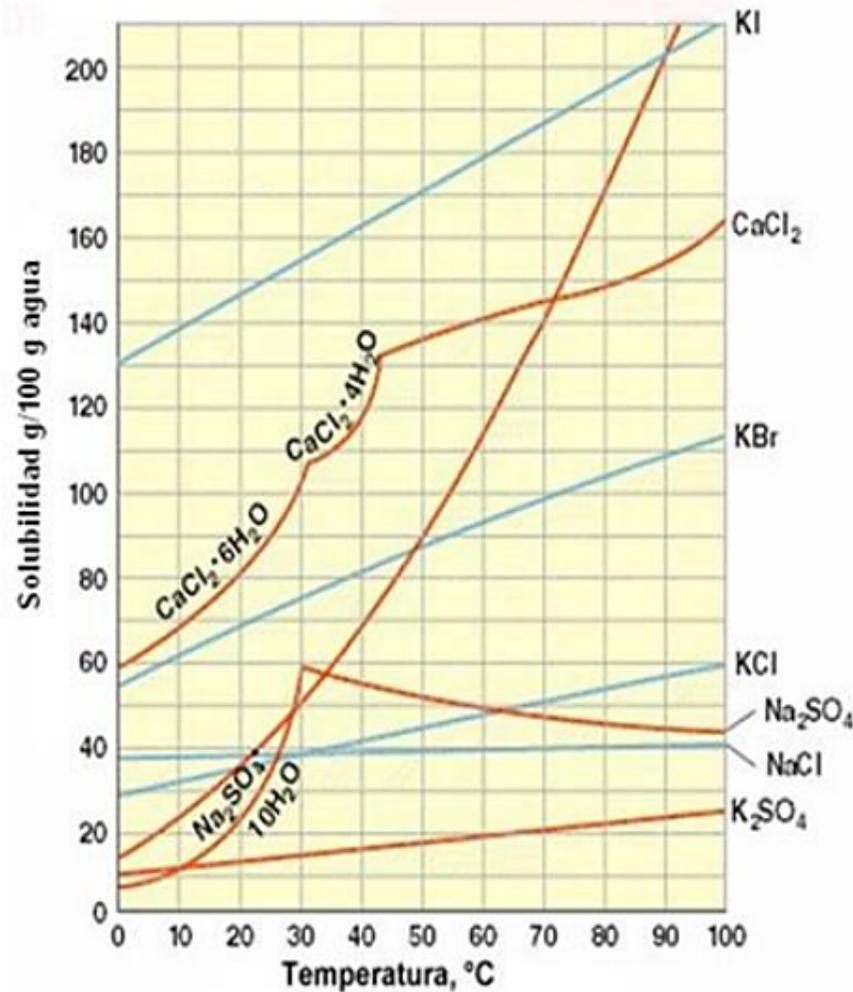
- INSATURADA
- **SATURADA**
- SOBRESATURADA



## Curvas de solubilidad.

Son representaciones gráficas de la **solubilidad** de un soluto en función de la **temperatura**.

Se expresan en g de soluto cada 100 g de agua en función de la temperatura



Ubicar puntos S vs T° en los cuales una solución está saturada, insaturada y sobresaturada

Pág 27 III-

**2-Clasifique las siguientes soluciones como saturadas, no saturadas y sobresaturadas:**

- a. A la solución  $A_{(ac)}$ , se agregan cristales de A y precipita una masa de A igual a la agregada.
- b. La solución  $X_{(ac)}$  se agita y precipita  $X_{(sólido)}$
- c. La solución que resulta cuando una solución saturada en el sólido M se lleva de una temperatura de 20 °C hasta 50 °C (el proceso es endotérmico).
- d. La solución está representada por agua gasificada recién abierta.

**Pág 27. III- 3 Considere la siguiente información con respecto de la solubilidad del  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en agua:**

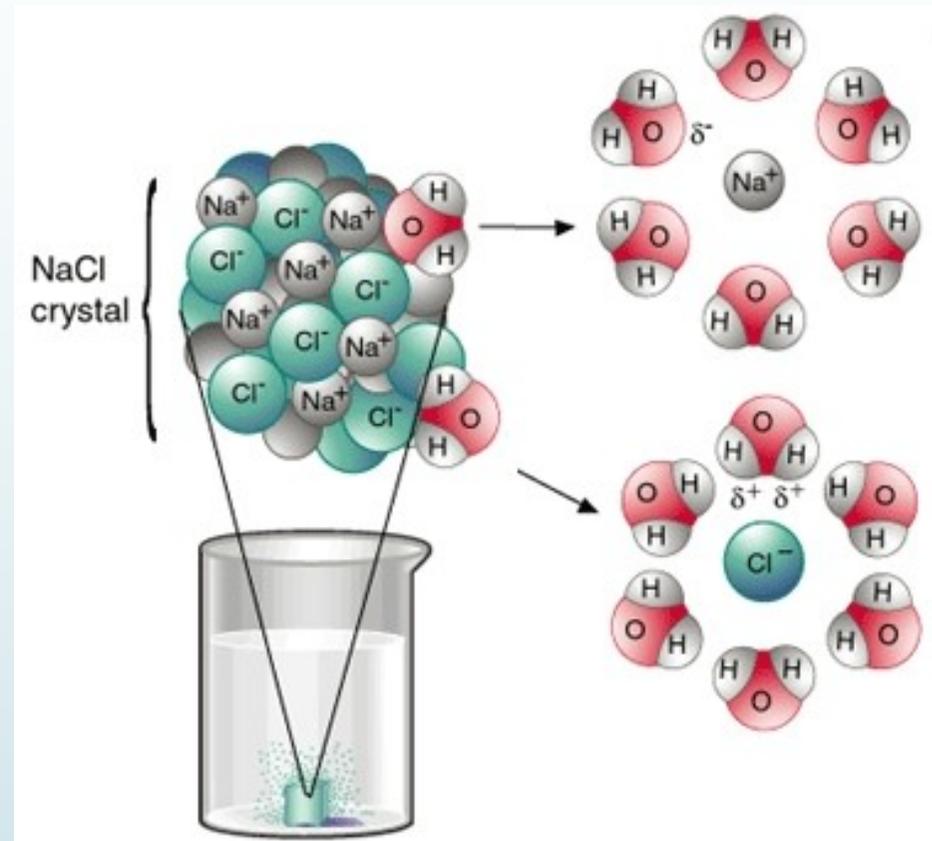
TEMPERATURA	30	40	50	60	70	80	100
g $\text{Na}_2\text{SO}_4$ /100 g $\text{H}_2\text{O}$	63	53	50	43	38	33	30

- Si se prepara una disolución A con 30 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en 100 g de agua a  $80^\circ\text{C}$ , la disolución resultante es: saturada, insaturada, sobresaturada.
- Al comparar una disolución B que contiene 25 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en 100 g de agua a  $80^\circ\text{C}$ , la disolución B es diluida o concentrada con respecto a la disolución A.
- Cómo prepararía una disolución sobresaturada de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a  $60^\circ\text{C}$ . Indique la cantidad de soluto que utilizaría y escriba un procedimiento.

# Factores que afectan a la SOLUBILIDAD:

## *NATURALEZA DE SOLUTO Y DISOLVENTE*

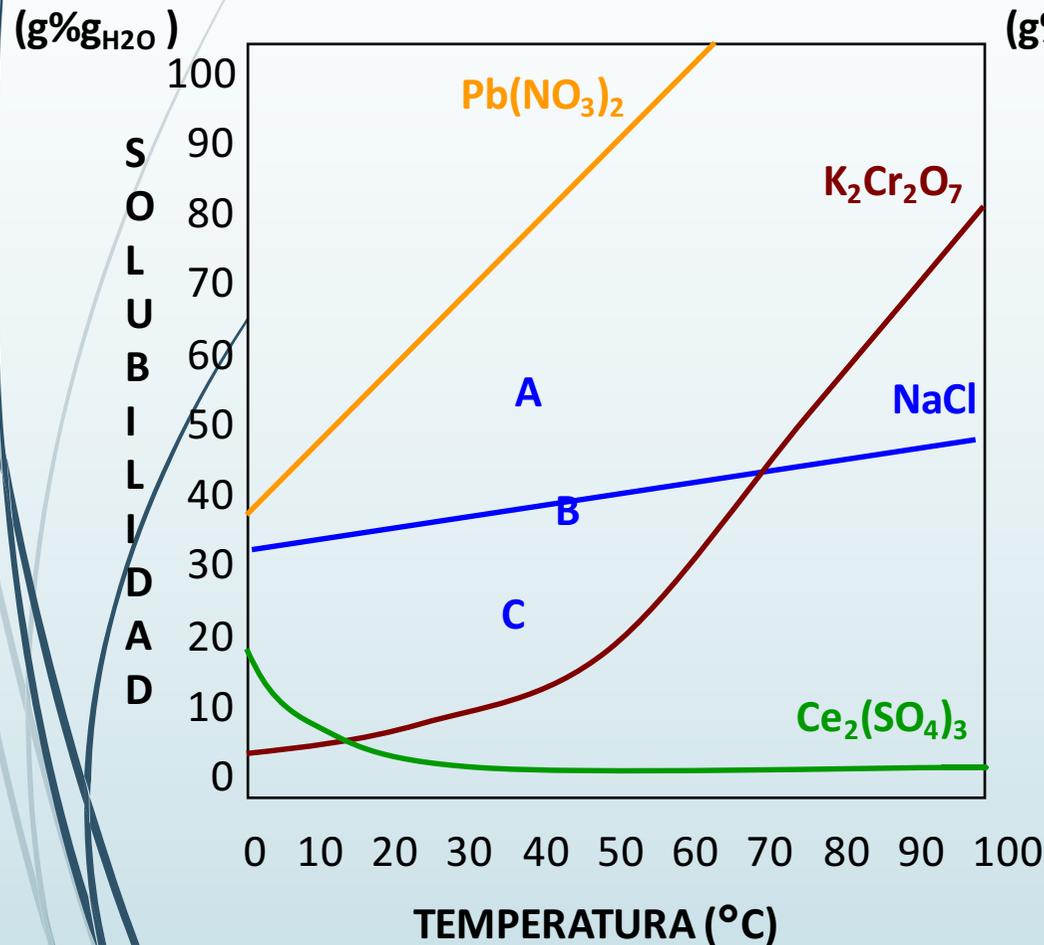
**Tipo de Interacciones**  
**Ejemplo solvatación de NaCl**



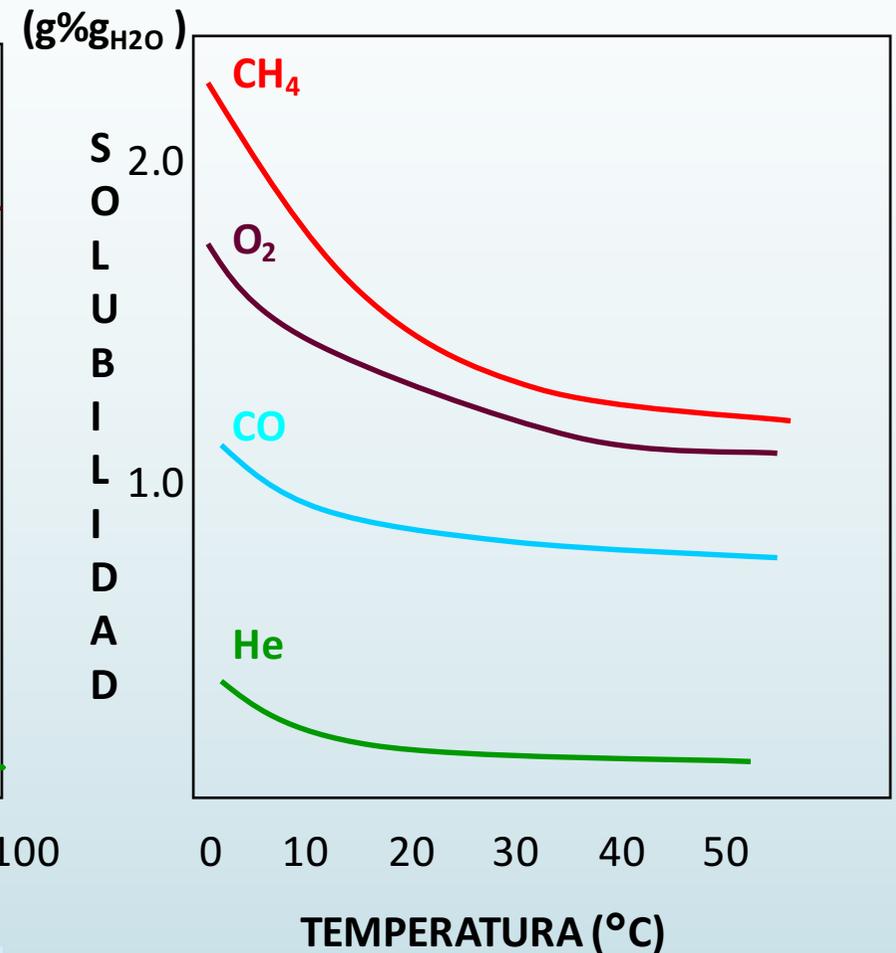
# Factores que afectan a la SOLUBILIDAD:

## TEMPERATURA

### TEMPERATURA EN SOLUCIONES



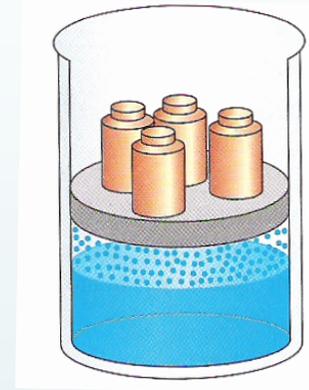
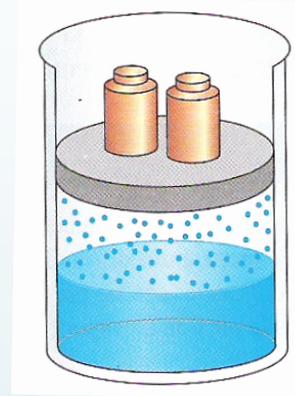
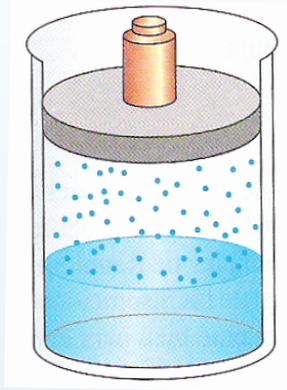
### TEMPERATURA EN GASES



Disminuyen S con Temperatura: CaSO<sub>4</sub>; Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

# Factores que afectan a la SOLUBILIDAD:

**PRESIÓN**  
**(Gases)**



**LEY DE HENRY**

$$C_{gas} = k P_{gas}$$

## FACTORES QUE AFECTAN LA SOLUBILIDAD

- **NATURALEZA DEL SOLUTO Y SOLVENTE:** Los solutos **polares** son solubles en solventes **polares** y los no polares en solventes no polares, ya que se establecen las interacciones correspondientes. Tamaño de molécula, cantidad de grupos OH<sup>-</sup>, etc. Pares líquidos: miscibles-inmiscibles
- **LA TEMPERATURA:** La mayoría de los sólidos aumentan su solubilidad al aumentar la temperatura para procesos endotérmicos, es decir, cuando se absorbe calor del medio. En caso contrario, cuando el proceso es exotérmico, un aumento de temperatura disminuye la solubilidad, como sucede con la mayoría de los solutos gaseosos en agua.
- **LA PRESIÓN:** La presión no afecta demasiado la solubilidad de sólidos y líquidos; sin embargo, sí es muy importante en la S de los gases. El aumento de la presión produce un aumento de la solubilidad de los gases en los líquidos.

## FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE DISOLUCIÓN

- **ESTADO DE AGREGACIÓN DEL SOLUTO:** mientras menor es el tamaño de las partículas de soluto, mayor la superficie de contacto con el disolvente y mayor la **velocidad de disolución**.
- **AGITACIÓN:** Favorece el contacto entre moléculas de soluto y disolvente aumentando la **velocidad de disolución**.

# CONCENTRACIÓN

## CUALITATIVO

- DILUIDA
- CONCENTRADA

- INSATURADA
- SATURADA
- SOBRESATURADA

## CUANTITATIVO

UNIDADES FÍSICAS (g; mL)

EXPRESIONES FÍSICAS

- % Masa
- % Masa en Volumen
- % Volumen
- ppm

UNIDADES QUÍMICAS (mol)

EXPRESIONES QUÍMICAS

- Molaridad (M)
- Molalidad (m)
- Fracción Molar (X)
- Normalidad (N)

# Unidades y Expresiones cuantitativas

## UNIDADES FÍSICAS

*(g; ml)*

### EXPRESIONES FÍSICAS

#### % Masa

- (g%g; %g/g; m%m; %m/m)

#### % Masa en Volumen

- (g%ml; % g/ml; m%v; %m/v)

#### % Volumen

- (ml%ml; %ml/ml; v%v; %v/v)

#### ppm

- (mg soluto/Lsolución)
- $1 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$

## UNIDADES QUÍMICAS

*(mol)*

### EXPRESIONES QUÍMICAS

#### Molaridad

- $M [=] \text{ mol/L}_{SN}$

#### Molalidad

- $m [=] \text{ mol/Kg}_{DV}$

#### Fracción Molar

- $\chi [=] n/n_T$

#### Normalidad

- $N [=] \text{ eq/L}_{SN}$



# Agua Mineral

<b>minerales</b>	<b>mg / L</b>
<b>Calcio</b>	<b>39.2</b>
<b>Magnesio</b>	<b>40.8</b>
<b>Sodio</b>	<b>128</b>
<b>Potasio</b>	<b>5.2</b>
<b>Bicarbonatos</b>	<b>384</b>
<b>Cloruros</b>	<b>27.6</b>
<b>Fluoruros</b>	<b>1.18</b>
<b>Sulfatos</b>	<b>148</b>

## Unidades de concentración físicas

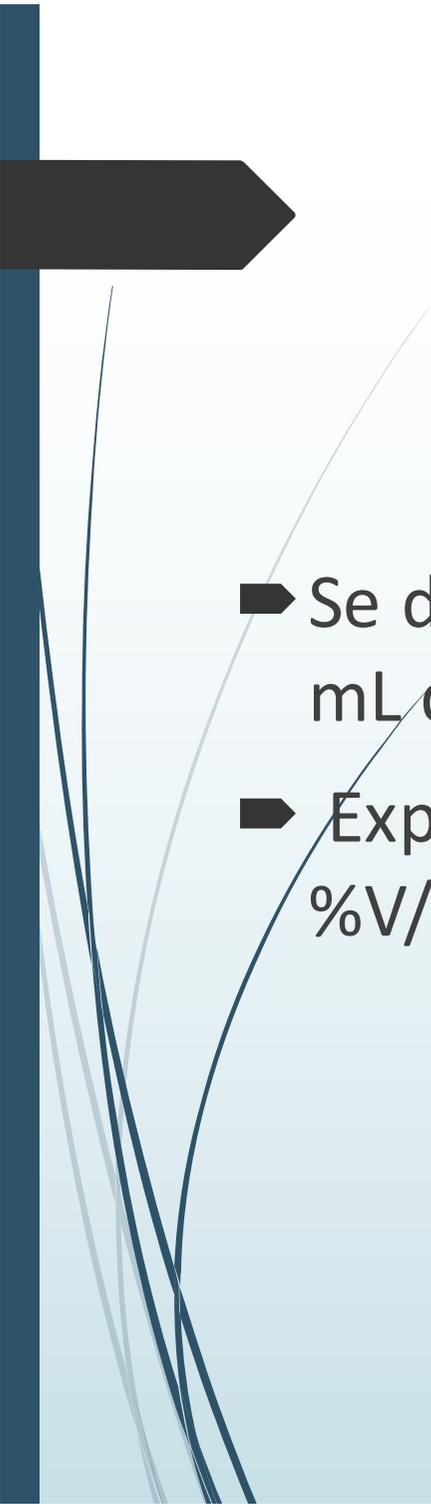
**% p/p**

- ➔ ¿Cuál es la concentración porcentual en peso (% p/p) de una solución que contiene 24 g de sulfato de potasio y sodio disueltos en 100 g de agua?



% p/v

- ▶ Se desea preparar una solución de cloruro de potasio de concentración 0.7 % p/v. Si en el laboratorio sólo dispone de 8 g de cloruro de potasio, qué volumen de esta solución podrá preparar?



$\%V/V$

- Se dispone de una solución compuesta por 50 mL de propanol y 150 mL de agua destilada.
- Expresar la concentración de la solución como  $\%V/V$ .

# Unidades de Concentración Químicas

- ▶ Una solución acuosa de nitrato de plata al 10 % p/p tiene una densidad de 1,1 g/mL. Expresar la concentración de la solución en % p/v y en Molaridad.

## N y M

- Calcular la Normalidad (N) y la M de una solución de hidróxido ferroso que contiene 50 g de soluto en 250 mL de solución. Además, calcular qué volumen se debe tomar de dicha solución para preparar otra solución de hidróxido ferroso pero de concentración 0.3 M.

# Fracción Molar

- ➡ Calcular la fracción molar de cada componente de una solución que contiene 50g agua y 25 g de metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ).



## Molalidad (m)

- Calcular la masa de soluto que debe añadirse a 250 g de agua para preparar una solución de nitrato de potasio 0,2 molal (m).



## Densidad y concentración de una solución

- ▶ ¿Cuántos gramos de ácido sulfúrico puro hay en un litro de solución al 70 % p/p y densidad 1,95 g/mL?

## Uso de expresiones de concentración de soluciones en cálculos de masas y conversiones de unidades:

- 1- Cálculo de %masa/volumen (g%v) a partir de %en masa (g%g)
- 2- Cálculo de % en masa (g%g) a partir de %masa/volumen (g%v)
- 3- Cálculo de la masa de soluto en una masa dada de solvente a partir de la molalidad
- 4- Cálculo de la molalidad a partir de la fracción molar
- 5- Cálculo de la fracción molar a partir de la molalidad
- 6- Cálculo de la molalidad a partir de la Molaridad
- 7- Cálculo de la Normalidad (N) a partir de la Molaridad (M)

$$\text{Molaridad: } N = M \times z$$

## 1- Cálculo de %masa/volumen (g%v) a partir de %en masa (g%g)

Hacemos uso de la densidad de la solución:  $\delta_{SN} = \frac{M_{SN}}{V_{SN}} = \frac{g_{SN}}{ml_{SN}}$

$$\%m/m = \frac{g_{ST}}{100 g_{SN}}$$

$$\%m/v = \frac{g_{ST}}{100 g_{SN}} \times \delta_{SN} = \frac{g_{ST}}{100 g_{SN}} \times \frac{g_{SN}}{ml_{SN}} \times 100 = g_{ST} \%ml_{SN}$$

## 2- Cálculo de %en masa (g%g) a partir de %masa/volumen (g%v)

Hacemos uso de la densidad de la solución:  $\delta_{SN} = \frac{M_{SN}}{V_{SN}} = \frac{g_{SN}}{ml_{SN}}$

$$\%m/v = \frac{g_{ST}}{100 ml_{SN}}$$

$$\%m/m = \frac{g_{ST}}{100 ml_{SN}} \times \frac{1}{\delta_{SN}} \times 100 = \frac{g_{ST}}{100 ml_{SN}} \times \frac{ml_{SN}}{g_{SN}} \times 100 = g_{ST} \%g_{SN}$$

### 3- Cálculo de la masa de soluto en una masa dada de solvente a partir de la molalidad (m)

Partimos de:  $m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$      $n_{ST} = m_{ST}/MM_{ST}$      $n_{ST} = \text{moles de } ST$      $MM_{ST} = \text{Masa Molar}$

Despejamos  $n_{ST}$ :  $n_{ST} = \frac{mol_{ST}}{kg_{DV}} \times kg_{DV} = mol_{ST}$

Luego:  $\text{masa} = n_{ST} \times MM$

### 4- Cálculo de la molalidad (m) a partir de la fracción molar (X)

Consideramos una solución compuesta por un total de 1 mol de moléculas ( $n_T=1$ )

Partimos de:  $X_{ST} = \frac{n_{ST}}{n_T}$     para llegar a:  $m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$

Luego:  $n_{ST} = X_{ST} \times 1 \text{ mol} = mol_{ST}$     (Tenemos el numerador)

Si  $1 = X_{ST} + X_{DV}$  y si  $X_{DV} = 1 - X_{ST}$

$n_{DV} = 1 - n_{ST}$

Luego:  $m_{DV} = n_{DV} \times MM_{DV} = g_{DV}$  (convertir g a kg para obtener  $kg_{DV}$ )

Reemplazamos y resolvemos:  $m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$

## 5- Cálculo de la fracción molar a partir de la molalidad (m)

Consideramos una solución que tiene exactamente 1 kg de solvente

$$\text{Partimos de: } X_{ST} = \frac{n_{ST}}{n_T} = \frac{n_{ST}}{n_{ST} + n_{DV}}$$

Sabemos que:  $m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$  De esta expresión obtenemos el numerador ( $n_{ST}$ ) de  $X_{ST}$  y utilizando el dato de  $1Kg=1000g$  calcular  $n_{DV}$ :

$$n_{DV} = \frac{1000g}{MM_{DV}} \text{ Sumamos } n_{ST} + n_{DV} \text{ obtenemos } n_T, \text{ con que podemos calcular } X_{ST}$$

*Considerando:*

$n_{ST}$ = moles de soluto

$n_{DV}$ = moles de disolvente (DV) o solvente(SV)

$n_T$ = moles totales de la solución.

$X_{ST}$ = Fracción molar del soluto

## 6- Cálculo de la molalidad (m) a partir de la Molaridad (M):

1) Sabemos que:  $m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$  y que  $M = \frac{n_{ST}}{l_{SN}}$

De la expresión de M despejamos el numerador ( $n_{ST}$ ) para utilizarlo en el cálculo de m.

2) Averiguamos la masa de disolvente de la solución y la expresamos en kg.

Considerar:  $m_{SN} = m_{ST} + m_{SV}$   
(masas de solución = masa de soluto + masa disolvente)

Despejamos:  $m_{DV} = m_{SN} - m_{ST}$

Se convierte el volumen de la solución en masa utilizando la densidad:

$$m_{SN} = 1 L_{SN} \times \delta_{SN}$$

Para obtener masa de soluto:  $m_{ST} = n_{ST} \times MM_{ST}$

Para calcular la masa del disolvente:

$$m_{DV} = m_{SN} - m_{ST}$$

Y luego se convierte la  $m_{DV}$  obtenida en gramos a kg.

Con los datos obtenidos en 1 ( $n_{ST}$ ) y en 2 ( $kg_{DV}$ ) calculo la molalidad.

## 7- Cálculo de la Normalidad (N) a partir de la Molaridad (M)

$$N = \frac{\text{Eq-g}_{ST}}{V(L)} \quad SN$$

Pizarrón:

Cálculo de la masa del Eq-g para diferentes sales, ácidos, bases, etc.

$$\text{Normalidad: } N = M \times z$$



## Se sugiere ver videos ilustrativos del tema en:

**Disolución de sal de mesa:**

[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=-HCRm5HX1hc#t=0](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=-HCRm5HX1hc#t=0)

**El alcohol se disuelve en agua:**

[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_detailpage&v=VHD3H9AWDQ4#t=6](http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=VHD3H9AWDQ4#t=6)

**Disoluciones iónica y molecular:**

[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=7HNx4RE\\_Ahg#t=0](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=7HNx4RE_Ahg#t=0)

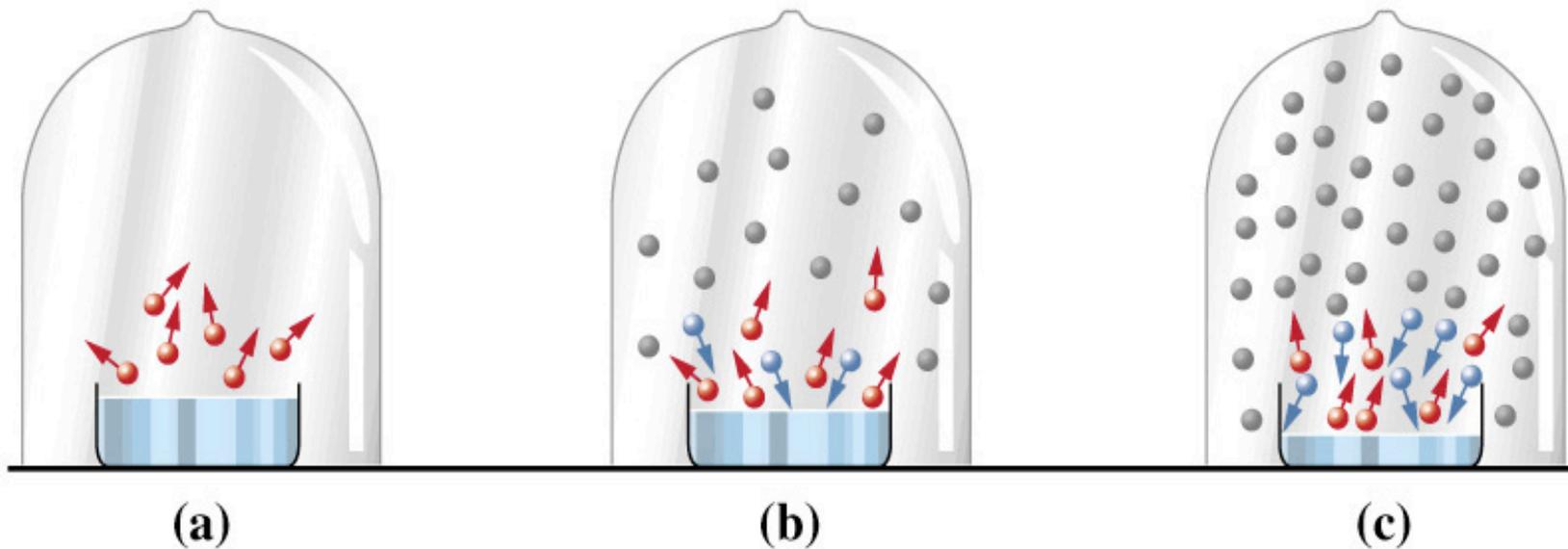
# BIBLIOGRAFÍA

1. P. Atkins y L. Jones. Principios de Química. Editorial Médica Panamericana. 5<sup>ta</sup> Edición
2. T. Brown, E. Lemay y B. Bursten. Química la Ciencia Central. Prentice Hall. 7<sup>ma</sup> Edición
3. R. Chang. Química. Mc Graw Hill. 6<sup>ta</sup> Edición
4. R. Petrucci, W. Harwood y G. Herring. Química General. Enlace y Estructura de la Materia. Prentice Hall. 8<sup>va</sup> Edición
5. K. Whitten, R. Davis, L. Peck y G. Stanley. Química General. Cengage Learning. 8<sup>va</sup> Edición
6. Guías de Trabajos Prácticos Química General.

# Presión de Vapor

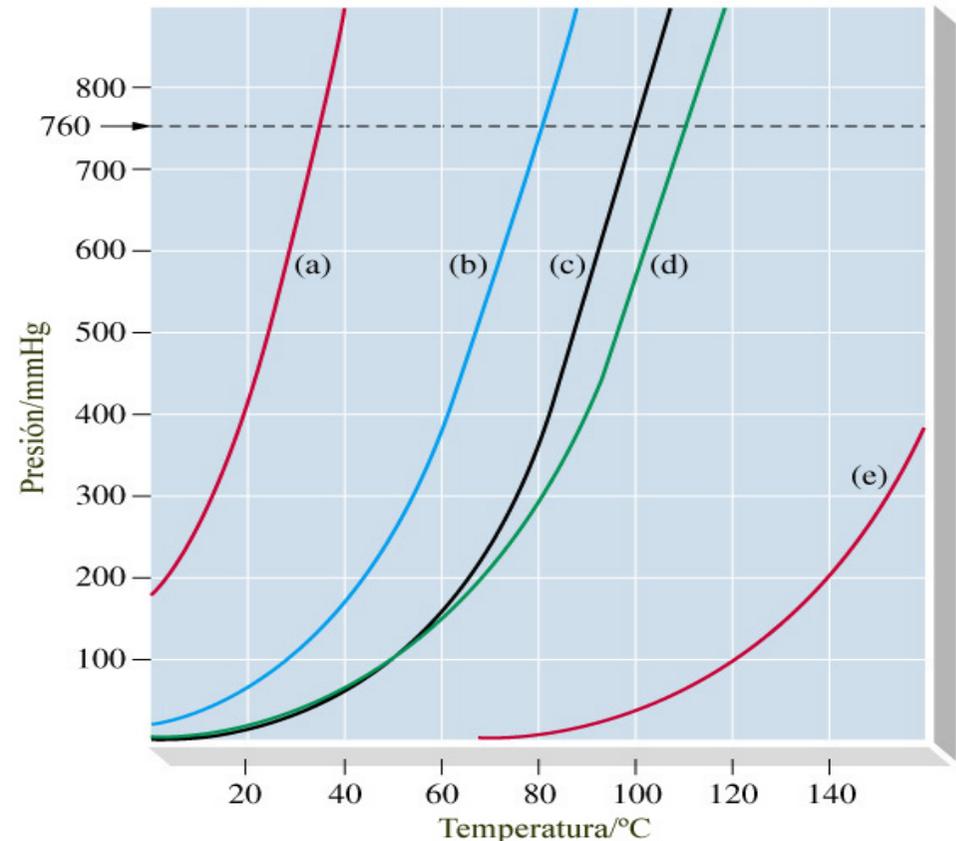
La presión de vapor de una sustancia es la presión ejercida por su vapor cuando el mismo está en equilibrio dinámico con la fase condensada

- Moléculas en estado vapor
- Moléculas que pasan a vapor (se vaporizan)
- ← Moléculas que pasan al líquido (se condensan)



# Presión de Vapor

- Las sustancias con elevada presión de vapor son **volátiles**.
- La presión de vapor depende de las interacciones intermoleculares. Se esperan altas presiones de vapor cuando las interacciones son débiles y bajas presiones de vapor cuando las interacciones son fuertes.
- La presión de vapor depende de la temperatura. Un incremento en la temperatura aumenta la presión de vapor porque aumenta la energía disponible para vencer esas atracciones.

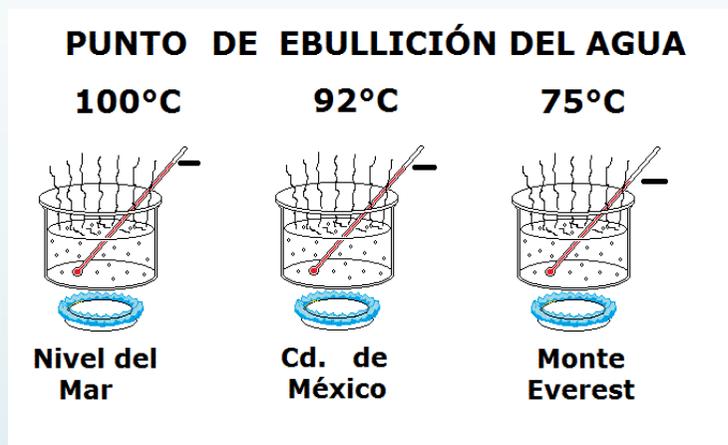


a) Éter dietílico, b) benceno, c) agua, d) tolueno, e) anilina

## EBULLICIÓN

La ebullición toma lugar cuando la presión de vapor de un líquido es igual a la presión externa (atmosférica). Cuando el líquido cuenta con fuerzas de interacción altas, los puntos de ebullición son elevados.

El **punto de ebullición normal** es aquel en que la presión de vapor de un líquido iguala a la presión atmosférica normal.



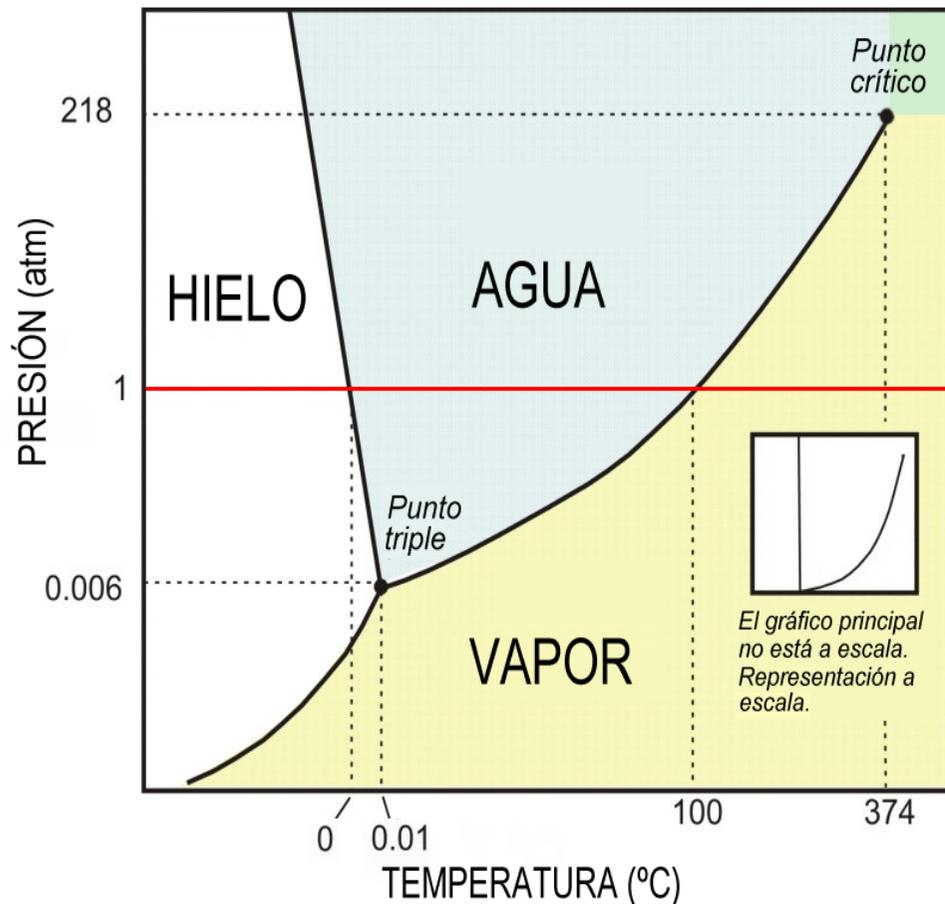
## CONGELACIÓN Y FUSIÓN

Los **puntos de fusión/congelación de la mayoría de los líquidos se incrementan con la presión.** En el caso particular del agua, su punto de fusión desciende con la presión, esta anomalía se debe a los puentes de hidrógeno presentes.

# Diagrama de Fases

Es un diagrama de presión versus temperatura para cada sustancia que permite conocer la fase en que ésta se encuentra a una presión y temperatura determinada.

Representa las regiones de presión y de temperatura a las cuales cada fase de una sustancia es más estable.



Los **límites de fase** indican las condiciones en las que dos fases pueden coexistir en equilibrio dinámico.

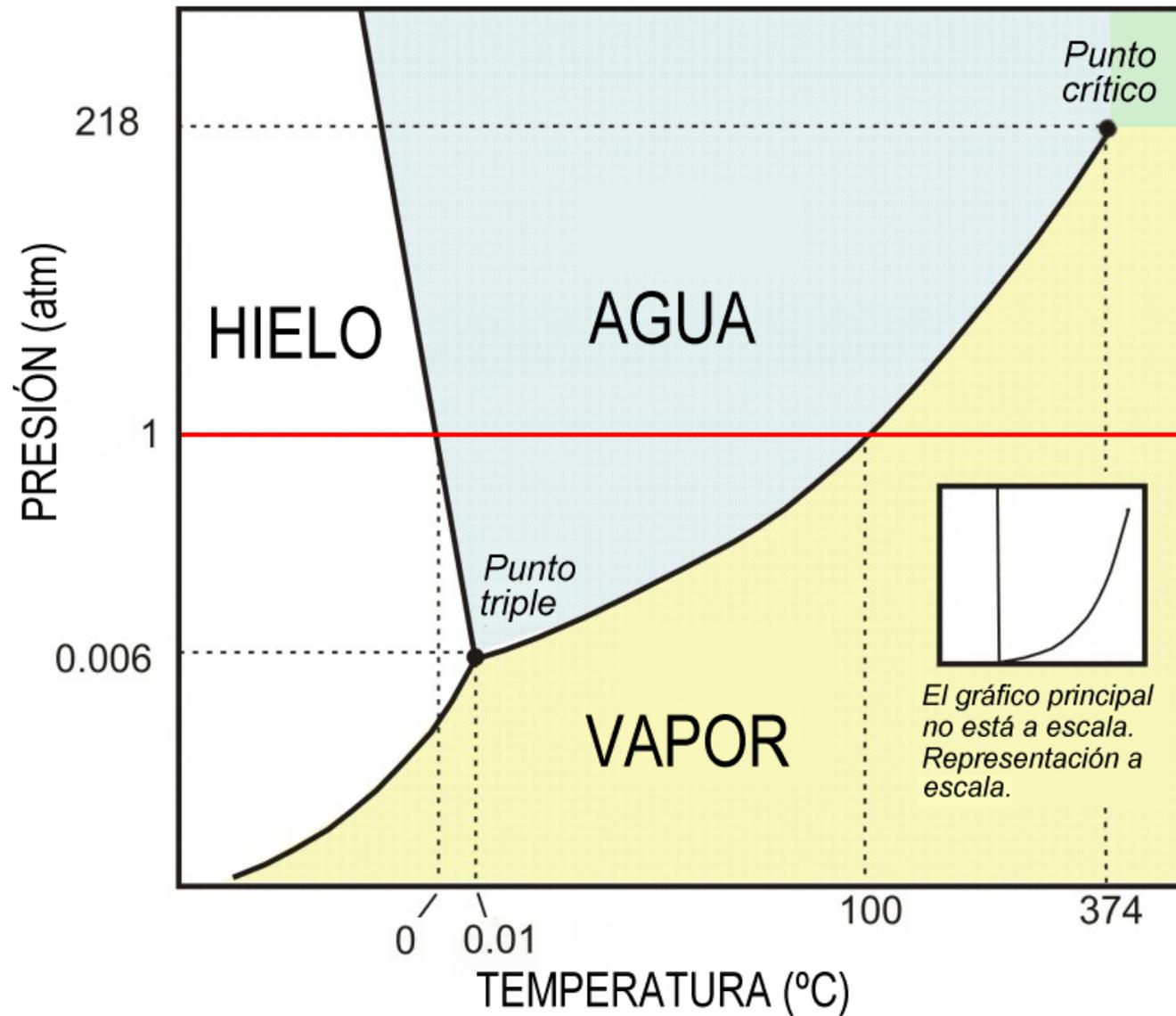
En el **punto triple** coexisten en equilibrio mutuo tres fases.

La **temperatura crítica** de una sustancia es la temperatura sobre la cual el vapor no puede ser condensado, independientemente de la presión. (Temperatura máxima a la que se puede formar una fase líquida definida )

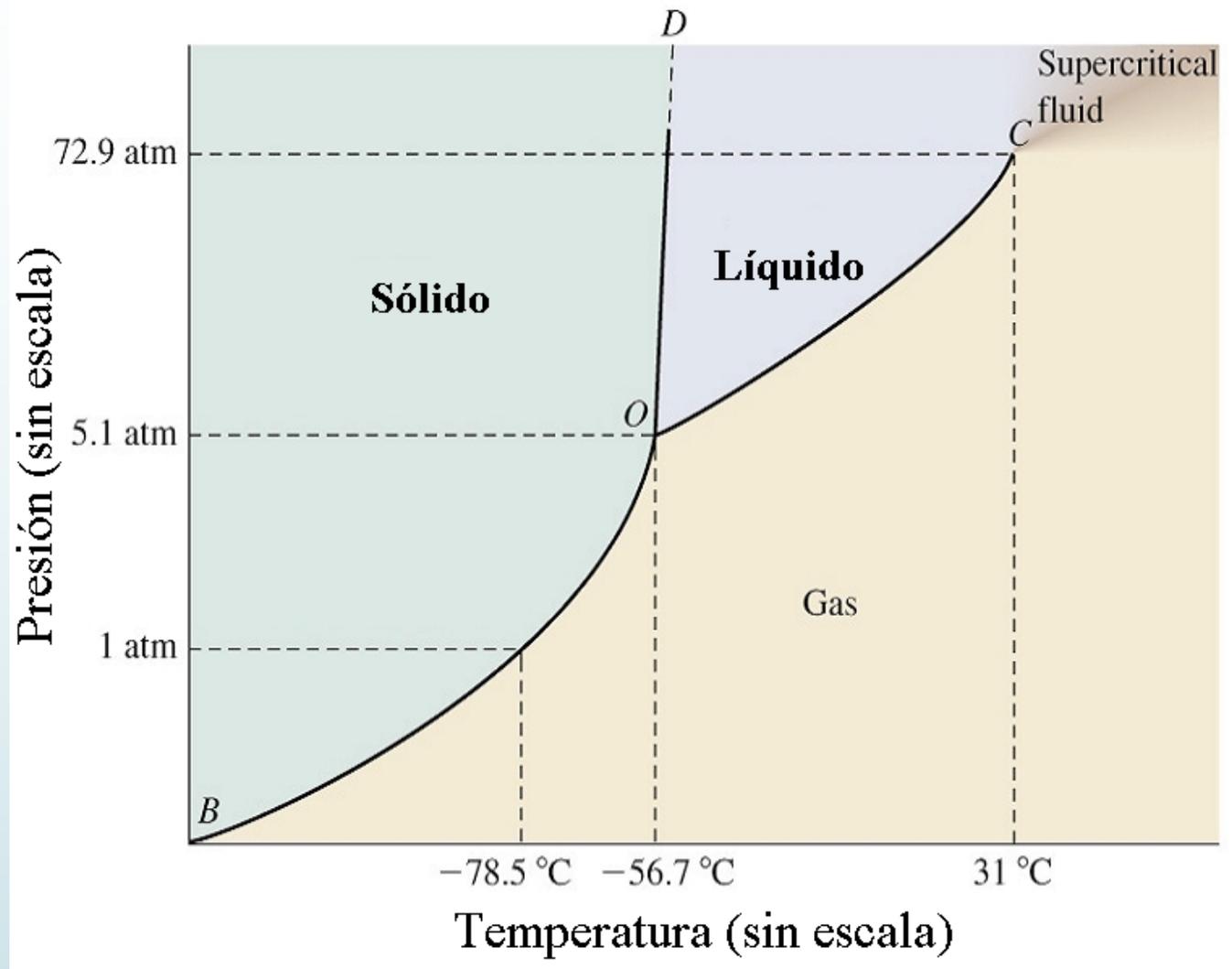
La presión necesaria para licuar el gas a su temperatura crítica es la **presión crítica**.

El fluido denso que se encuentra por encima de la presión y temperatura críticas de una sustancia se denomina **fluido supercrítico**.

# DIAGRAMA DE FASES DEL AGUA



# DIAGRAMA DE FASES DEL CO<sub>2</sub>



# BIBLIOGRAFÍA

1. P. Atkins y L. Jones. Principios de Química. Editorial Médica Panamericana. 5<sup>ta</sup> Edición
2. T. Brown, E. Lemay y B. Bursten. Química la Ciencia Central. Prentice Hall. 7<sup>ma</sup> Edición
3. R. Chang. Química. Mc Graw Hill. 6<sup>ta</sup> Edición
4. R. Petrucci, W. Harwood y G. Herring. Química General. Enlace y Estructura de la Materia. Prentice Hall. 8<sup>va</sup> Edición
5. K. Whitten, R. Davis, L. Peck y G. Stanley. Química General. Cengage Learning. 8<sup>va</sup> Edición
6. Guías de Trabajos Prácticos Química General.