



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**



# **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**

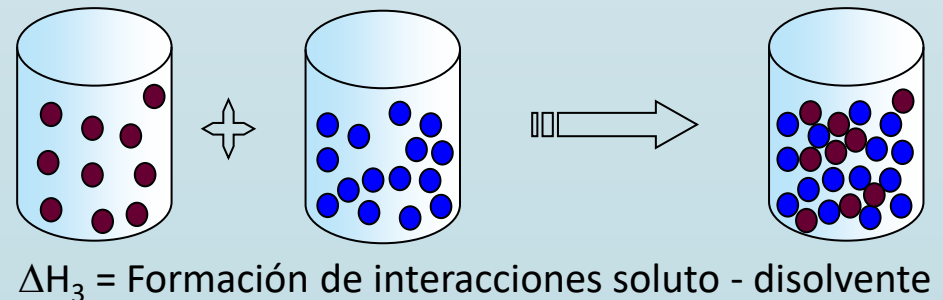
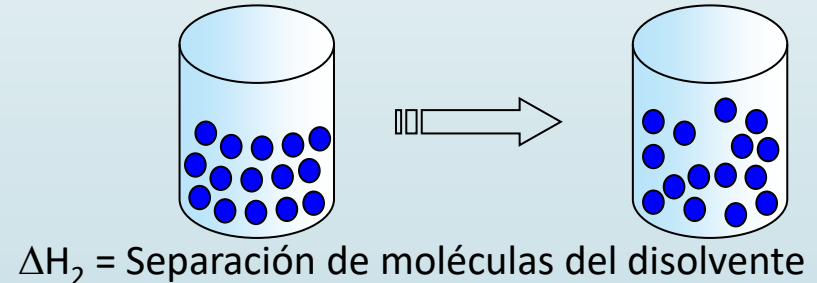
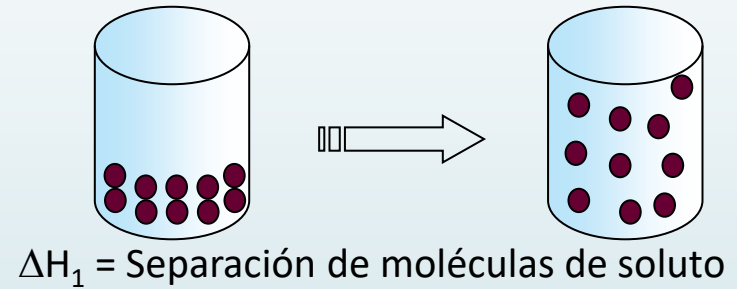
# SOLUCIONES

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



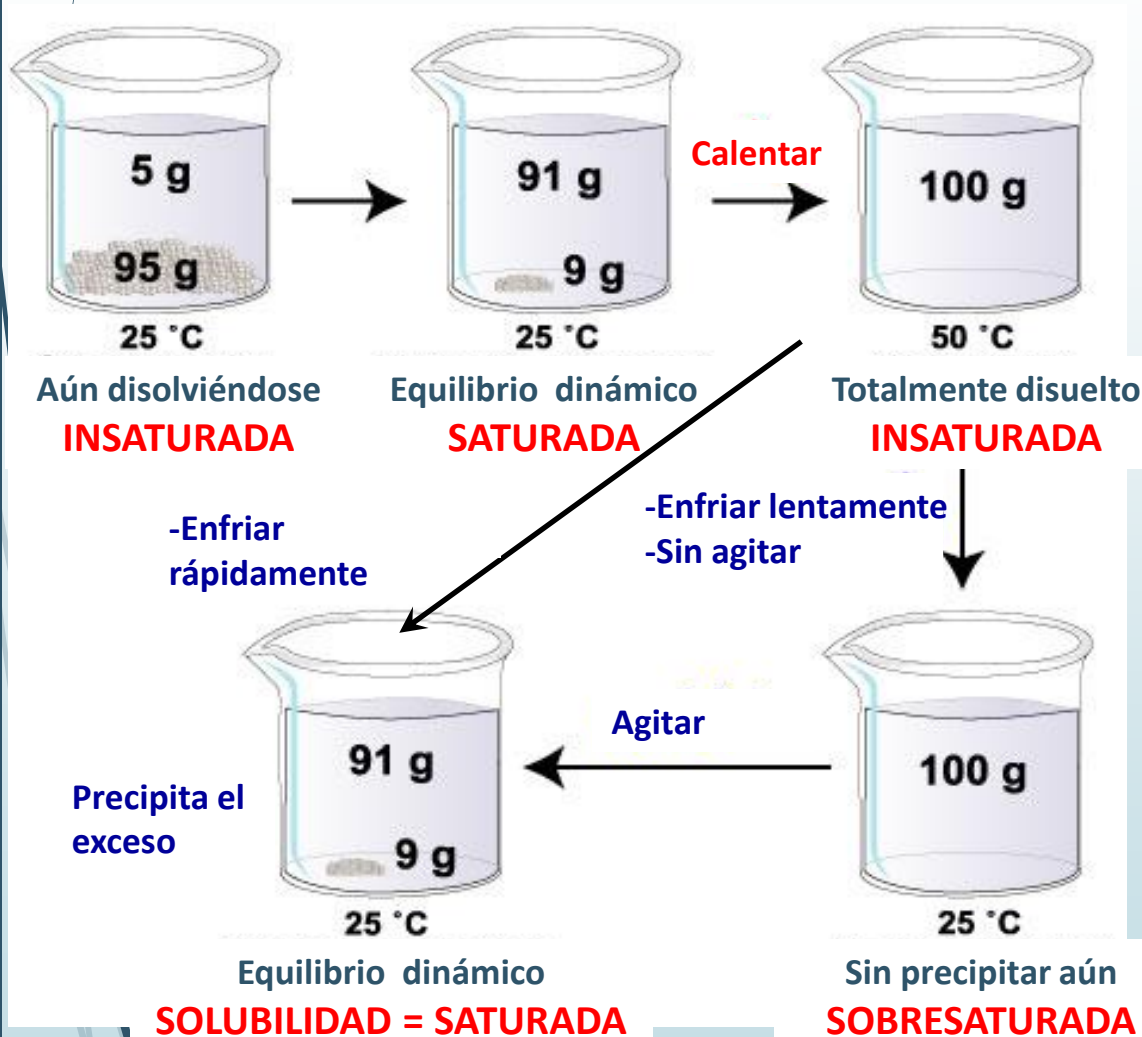
**DILUIDA**



**CONCENTRADA**

# Según la CONCENTRACIÓN:

## Expresión semi-cuantitativa



- INSATURADA
- **SATURADA**
- SOBRESATURADA

### SOLUBILIDAD

Se define como la máxima cantidad de soluto que admite una dada cantidad de disolvente a una temperatura determinada para formar una solución saturada.

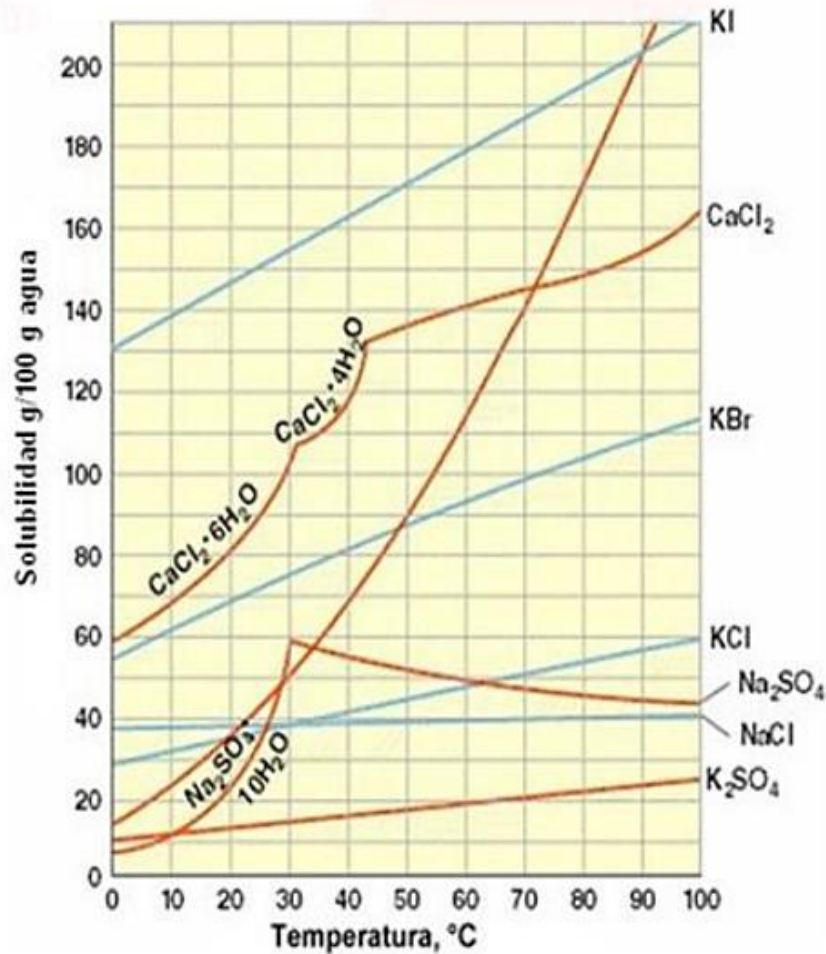
Una solución saturada es aquella en la que el soluto disuelto y no disuelto se encuentran en equilibrio dinámico entre sí.

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

Ejemplo: Solubilidad a 25 °C es 91g ST /100g DV

## 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



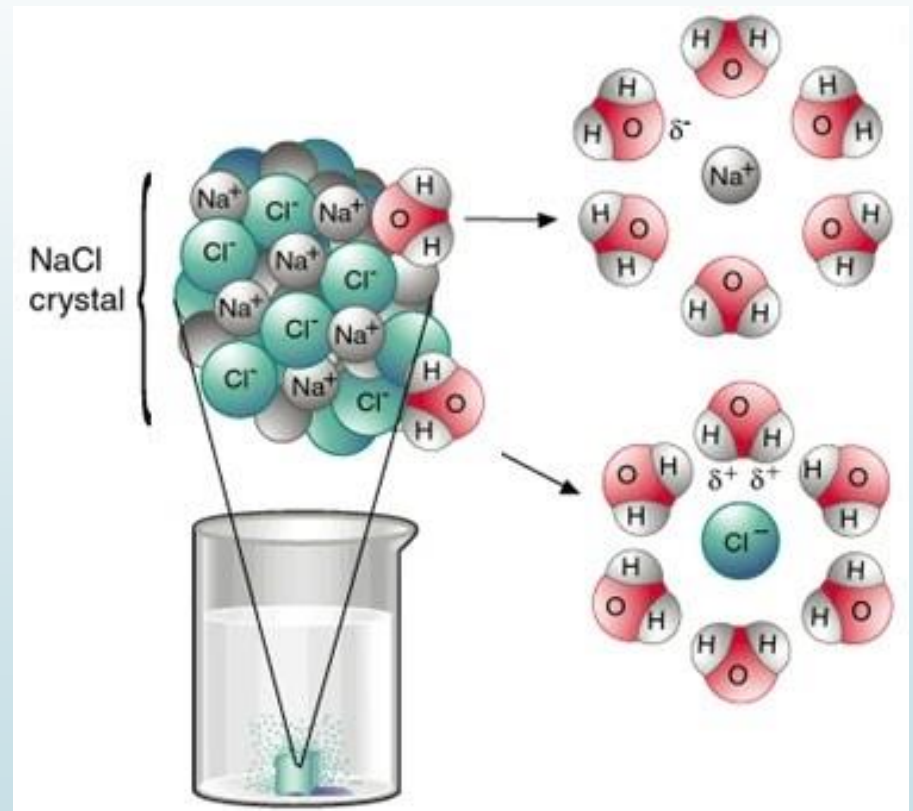
Ubicar puntos S/T° en los cuales una solución está saturada, insaturada y sobresaturada



# Factores que afectan a la SOLUBILIDAD:

## *NATURALEZA DE SOLUTO Y DISOLVENTE*

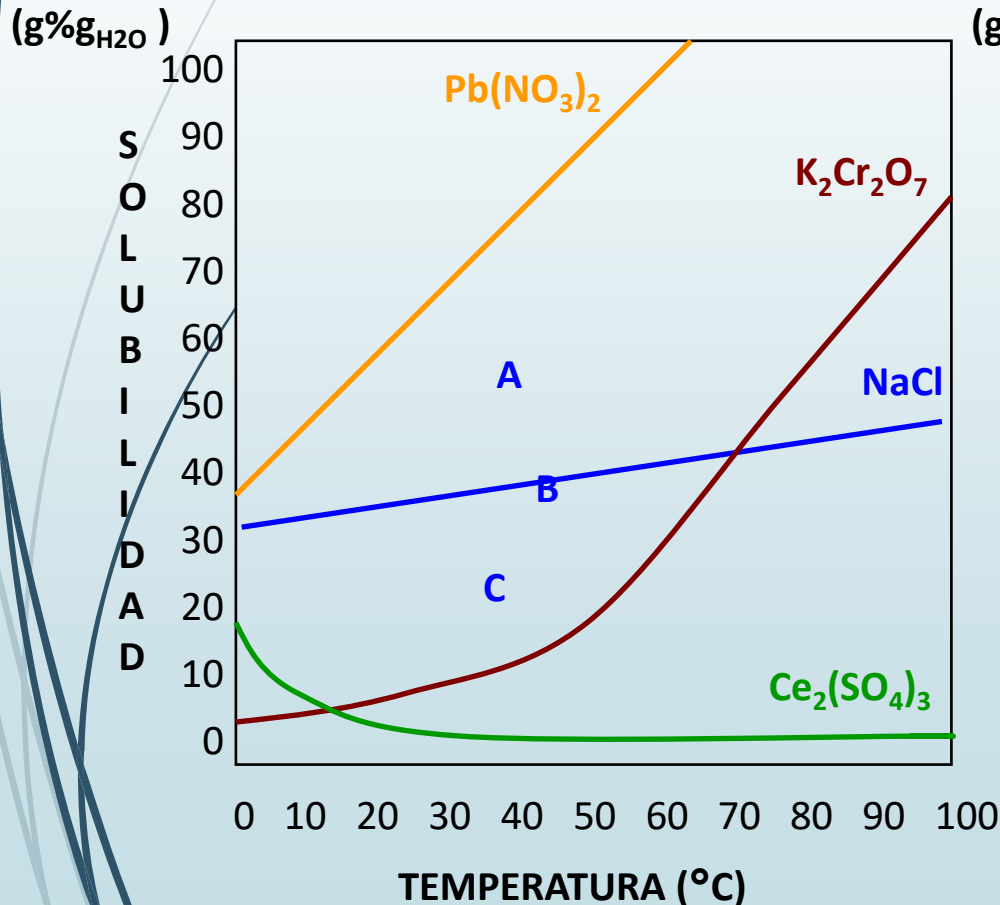
**Tipo de Interacciones**  
**Ejemplo solvatación de NaCl**



# Factores que afectan a la SOLUBILIDAD:

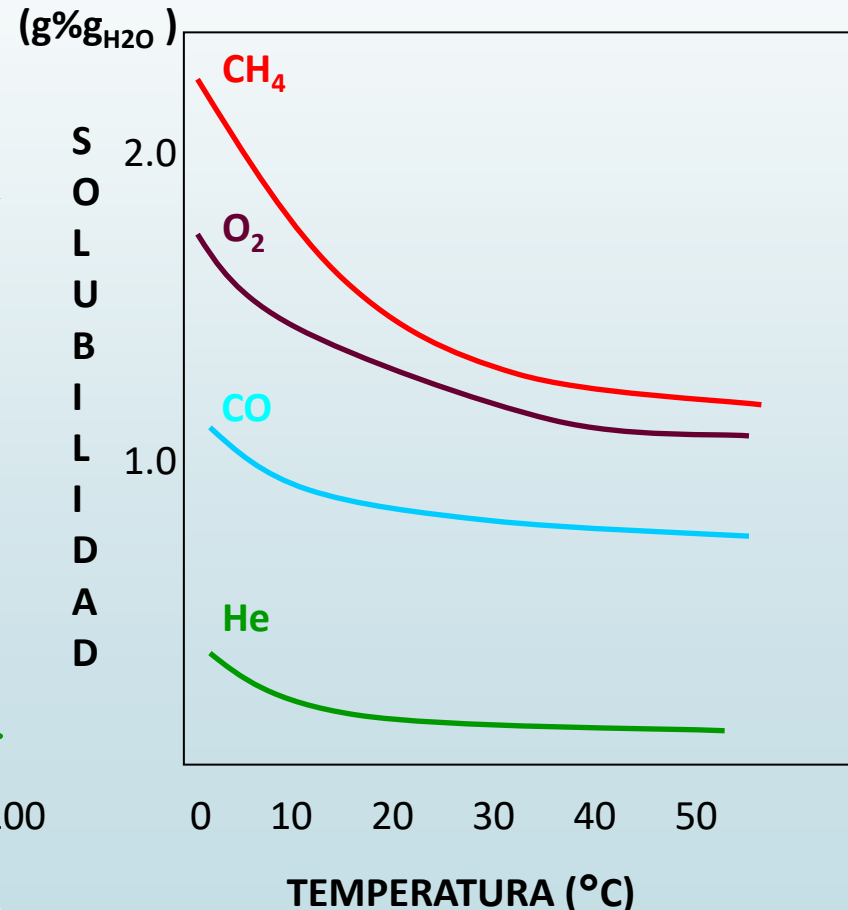
## TEMPERATURA

### TEMPERATURA EN SOLUCIONES



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

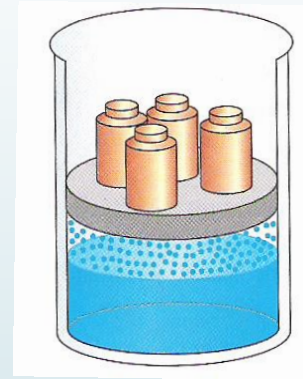
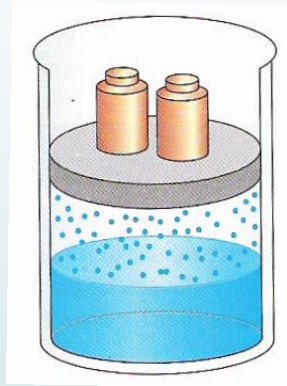
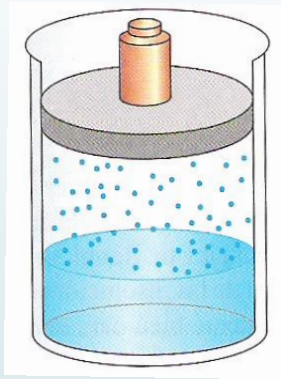
### TEMPERATURA EN GASES



Excepto CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>

# Factores que afectan a la SOLUBILIDAD:

## **PRESIÓN**



## **LEY DE HENRY**

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

## En síntesis:

- **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 de los gases. El aumento de la presión produce un aumento de la solubilidad de los gases en los líquidos.
- **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**.

# 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/L; mg/kg si el DV es agua)
- (cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; mg/m<sup>3</sup> para contaminantes en aire)

## UNIDADES QUÍMICAS

*(mol)*

## EXPRESIONES QUÍMICAS

### Molaridad

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

### Molalidad

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

### Fracción Molar

- $\chi [=] n/n_T$

### Normalidad

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

# 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 a partir de la Molaridad

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

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

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

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

(para expresar en forma porcentual:  $g_{ST}\%ml_{SN}$ , hay que multiplicar por 100)

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

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

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

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

(para expresar en forma porcentual:  $g_{ST}\%g_{SN}$ , hay que multiplicar por 100)

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

Partimos de:  $m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$

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

Luego:  $m = mol_{ST} \times MM_{ST}$

### 4- Cálculo de la molalidad a partir de la fracción molar

Consideramos una solución compuesta por un total de 1 mol de moléculas  
( $n_{ST} + n_{SV} = n_{SN}$ ;  $n_{ST} + n_{SV} = 1$  por lo tanto  $X_{ST} + X_{SV} = 1$ )

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)

$n_{SV} = 1 - n_{ST}$  Luego:  $m_{SV} = n_{SV} \times MM_{SV}$  (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

Consideramos una solución que tiene exactamente 1 kg de solvente

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

Sabemos que: 
$$m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$$

De esta expresión obtenemos el numerador ( $n_{ST}$ ) de  $X_{ST}$  y podemos transformar el denominador en  $n_{SV}$  :

$$n_{SV} = \frac{1000g}{MM_{DV}}$$

Sumamos  $n_{ST} + n_{SV}$  y tenemos el denominador, con el que podemos calcular  $X_{ST}$

## 6- Cálculo de la molalidad a partir de la Molaridad

Sabemos que:  $m = \frac{n_{ST}}{kg_{DV}}$  y que  $M = \frac{n_{ST}}{l_{SN}}$  De esta expresión obtenemos el numerador ( $n_{ST}$ ) de  $m$

Luego:  $m_{SN} = m_{ST} + m_{SV}$  (masas de solución, soluto y solvente)

Despejamos:  $m_{SV} = m_{SN} - m_{ST}$  para obtener estos dos términos:

$m_{SN} = 1 L_{SN} \times \delta_{SN}$  se convierte volumen en masa de la solución

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

Se suman  $m_{ST} + m_{SV}$ , se expresa en kg y se obtiene el denominador de molalidad.

## 7- Cálculo de la Normalidad a partir de la Molaridad

$$N = M \times z$$



## **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)

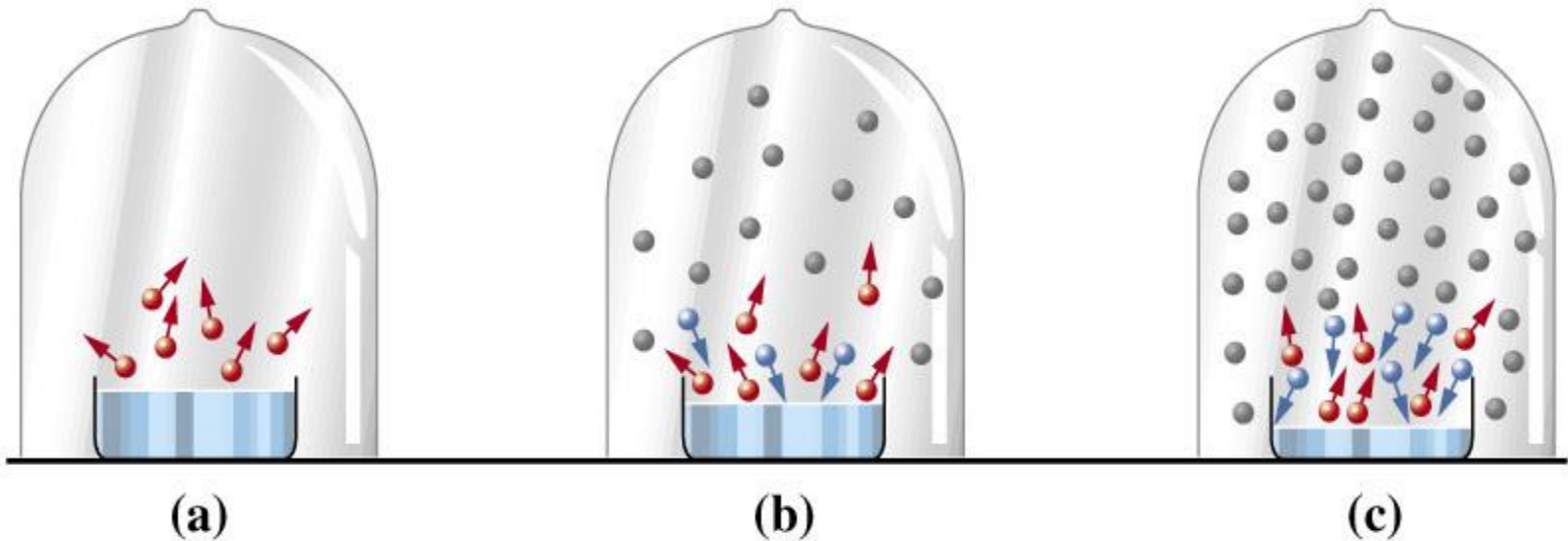
**Disoluciones iónica y molecular:**

[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)

# Presión de Vapor

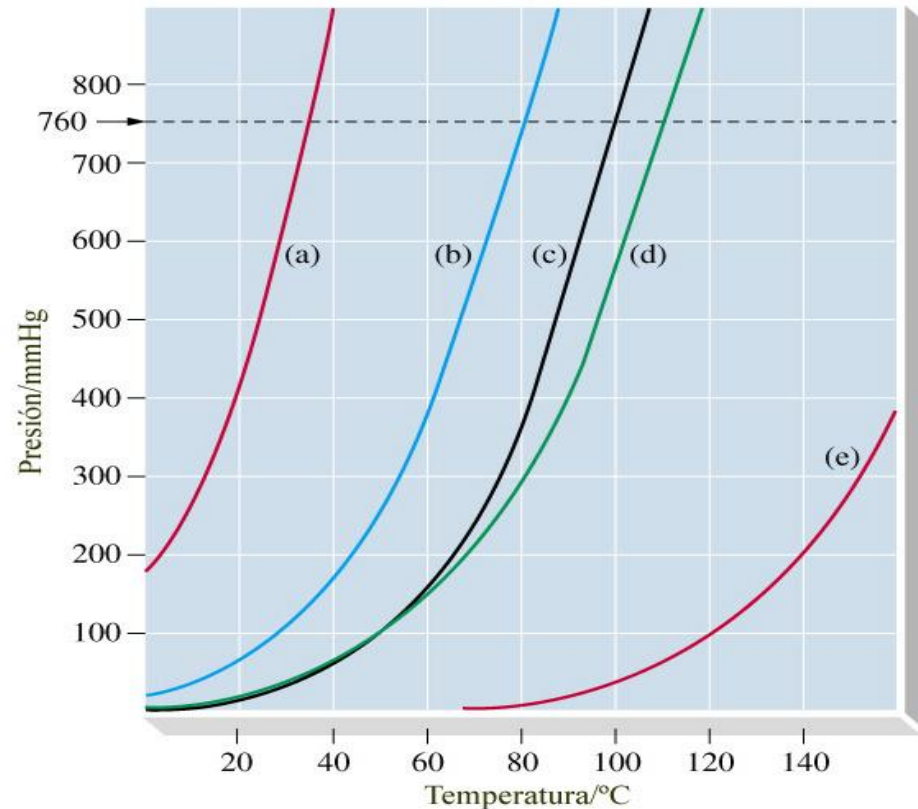
La presión de vapor de una sustancia es la presión ejercida por su vapor cuando el mismo está en equilibrio dinámico con la fase condensada

- 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

# DEPENDENCIA DE LA PRESIÓN DE VAPOR CON LA TEMPERATURA

La presión de vapor de un líquido aumenta a medida que la temperatura se incrementa. La dependencia cuantitativa de la presión de vapor con la temperatura está indicada por la ecuación de Clausius-Clapeyron.

**Calor molar de vaporización** ( $\Delta H_{\text{vap}}$ ) es la energía requerida para evaporar 1 mol de un líquido.

Ecuación Clausius-Clapeyron

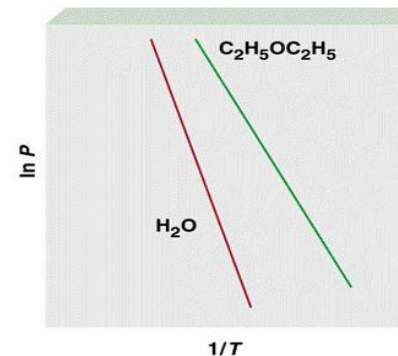
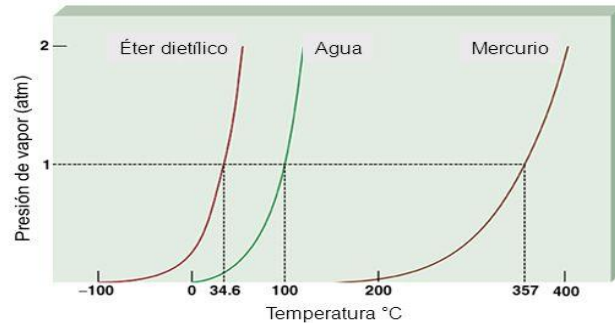
$$\ln P = - \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{RT} + C$$

$P$  = (equilibrio) presión de vapor

$T$  = temperatura (K)

$R$  = constante de gas (8.314 J/K•mol)

**Presión de vapor contra temperatura**



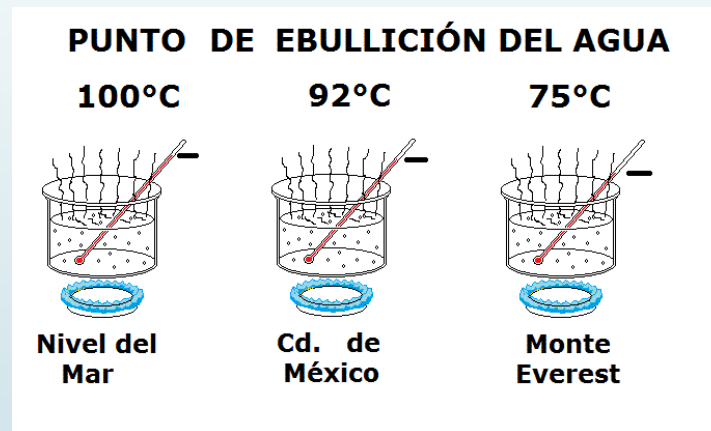
**Ecuación de Clausius-Clapeyron para dos temperaturas:**

$$\ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = \frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

# 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** 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.

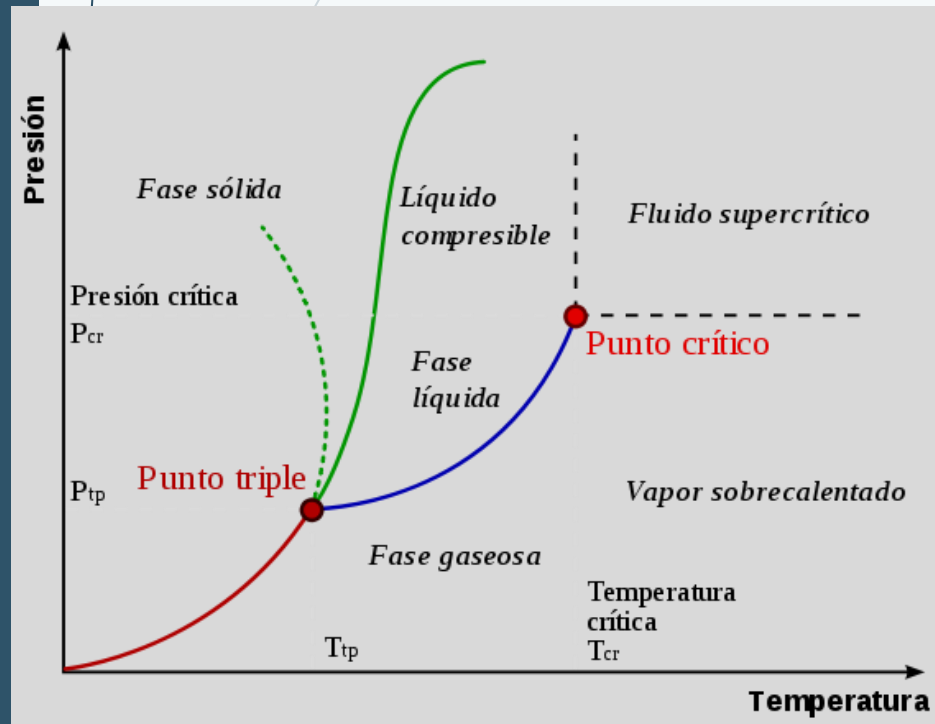
Sintetiza las regiones de presión y de temperatura a las cuales cada fase de una sustancia es más estable.

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 )

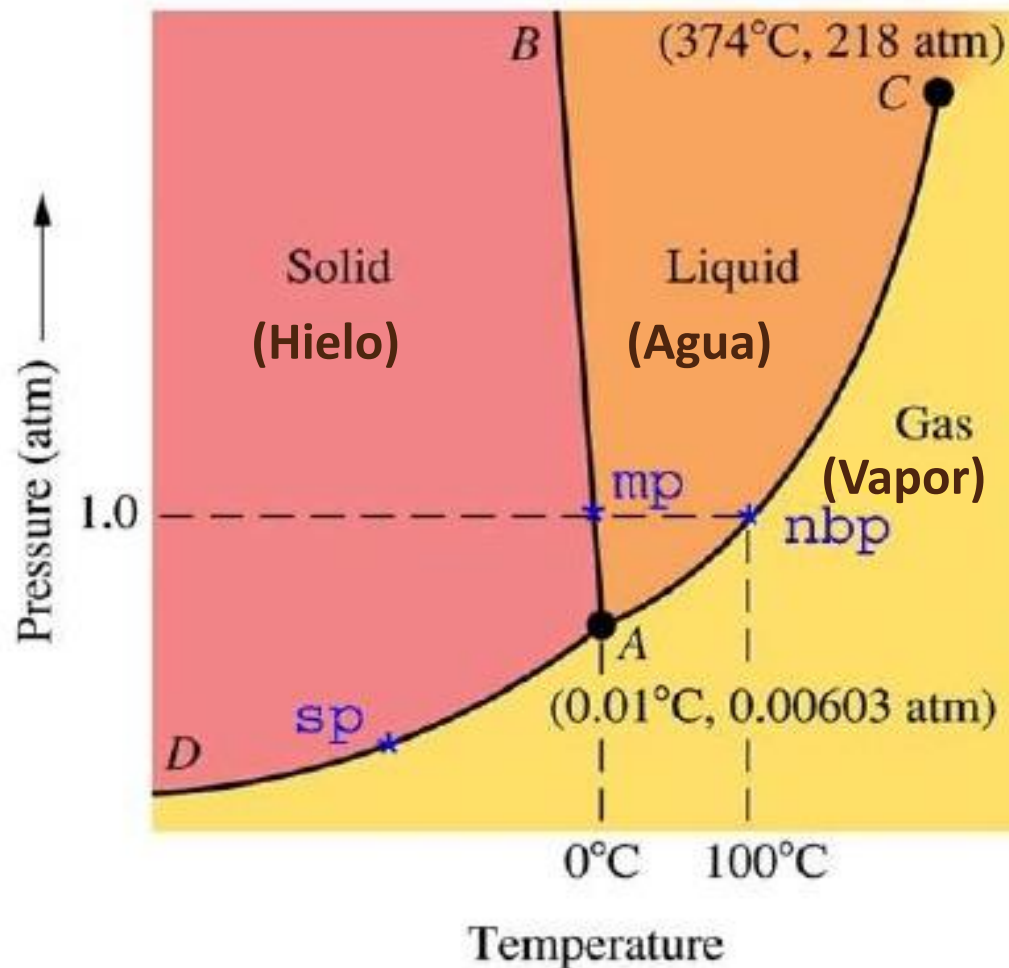
La presión necesaria para licuar el gas a su temperatura crítica es la **presión crítica**.



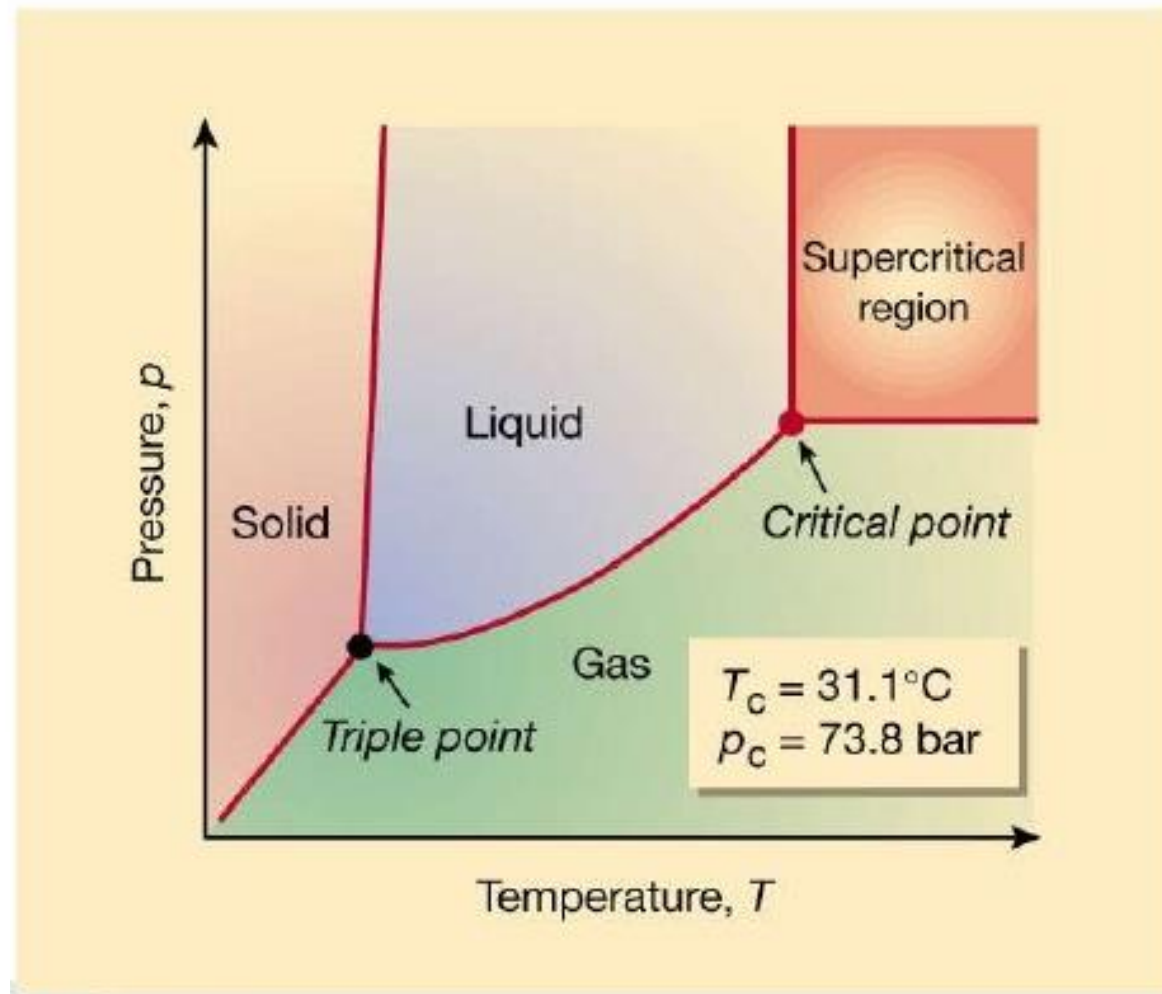
El fluido denso que se encuentra por encima de la presión y temperatura críticas de una sustancia se denomina **fluido supercrítico**.



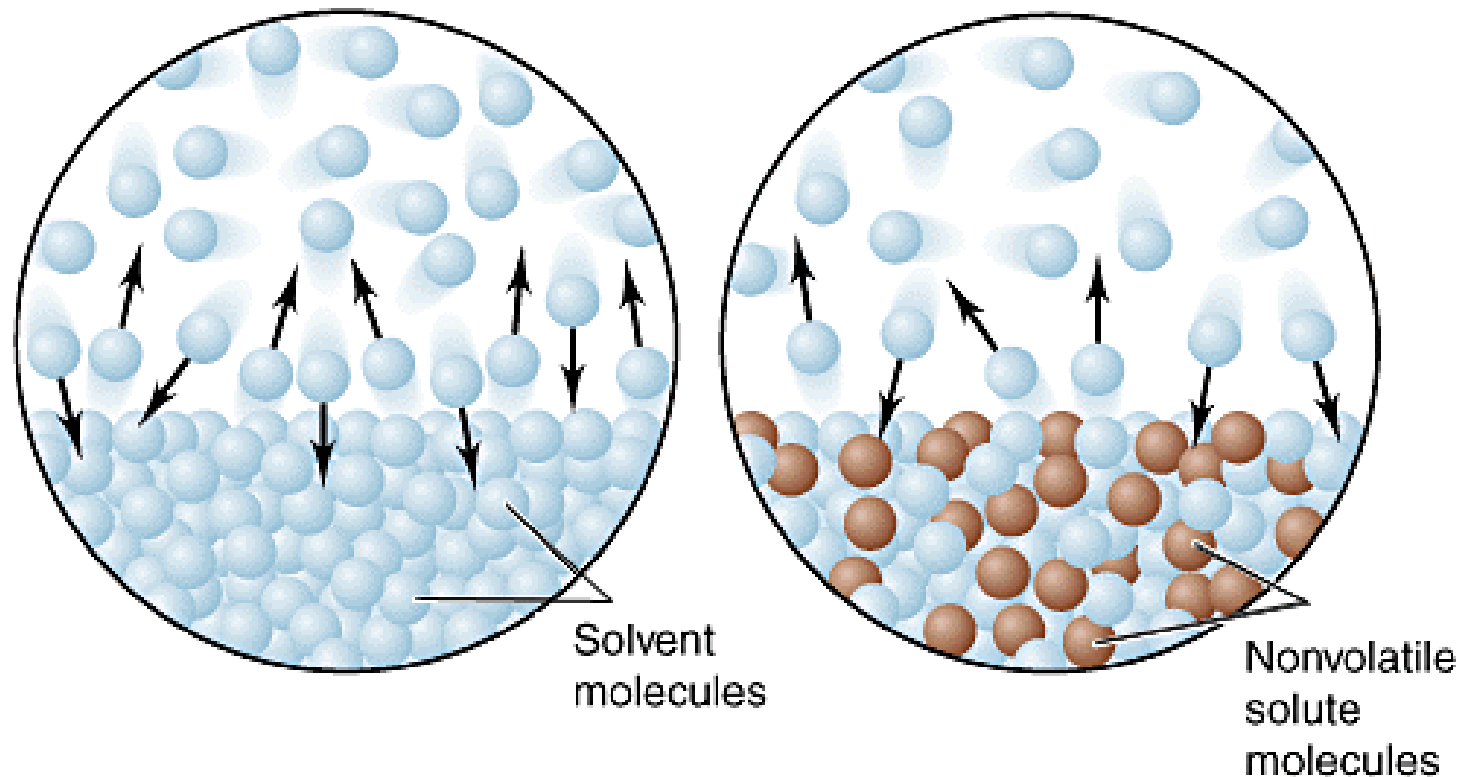
# Diagrama de fase del agua



# Diagrama de fase del $\text{CO}_2$



# PRESIÓN DE VAPOR DE LAS SOLUCIONES:



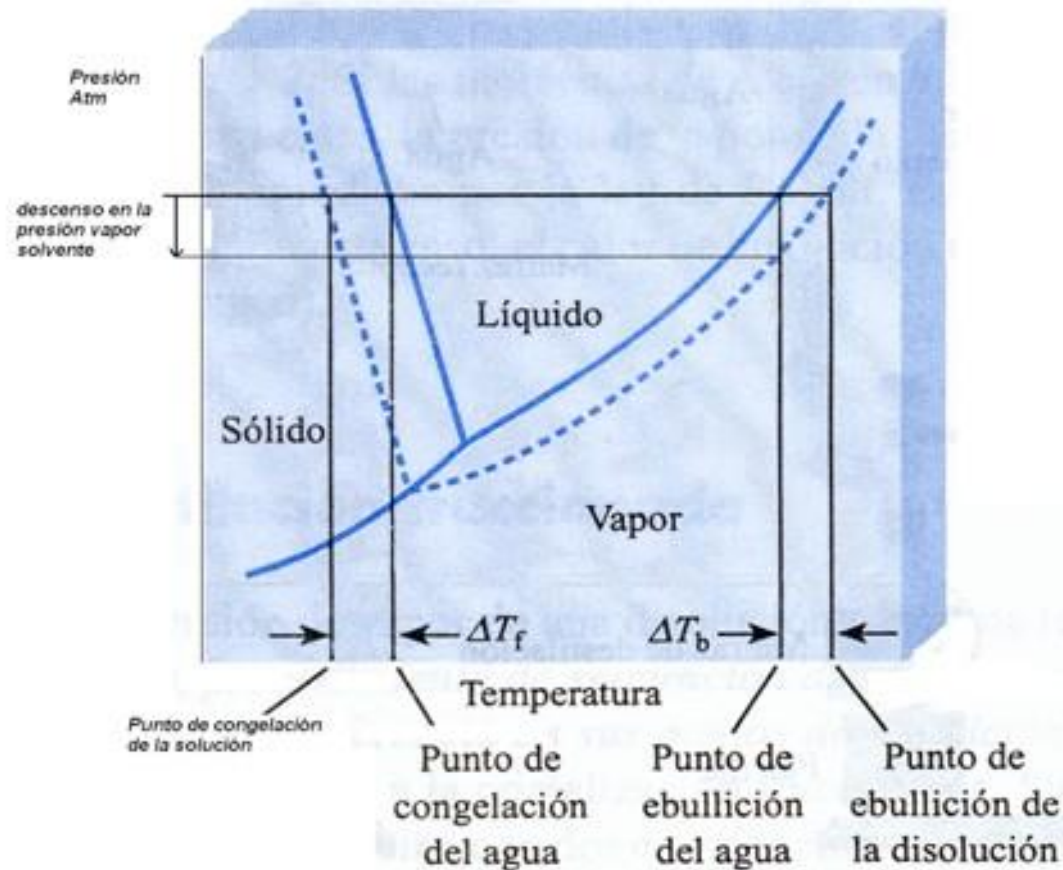
## Ley de Raoult

$$P_{Dv(Sn)} = P^{\circ}_{Dv} X_{Dv}$$

$$\Delta P = P^{\circ}_{DV} X_{ST}$$

Soluciones  
ideales

# Diagrama de fases de una disolución acuosa



**Descenso del punto de fusión**

$$\Delta T_c = K_c m$$

$$\Delta T_c = i K_c m$$

$\Delta T_c$

$\Delta T_e$

Temperatura (°C)

**Elevación del punto de ebullición**

$$\Delta T_e = K_e m$$

$$\Delta T_e = i K_e m$$

# 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.