

# TEMA 10.- DISOLUCIONES.



Tema 10.- Disoluciones

1. **Introducción.**
2. **Formas de expresar la concentración.**
3. **El proceso de disolución.**
4. **Solubilidad.**
5. **La ley de reparto.**
6. **Ley de Raoult.**
7. **Diagramas de punto de ebullición.**
8. **Destilación.**
9. **Diagramas de punto de congelación.**
10. **Propiedades coligativas.**

# 1.- INTRODUCCIÓN.



**Disolución:** mezcla homogénea de dos o más sustancias.

## Clasificación de las disoluciones

- Dependiendo de la naturaleza de la fase:

**Sólida**

**Líquida**

**Gaseosa**

# 1.- INTRODUCCIÓN.



- Dependiendo del número de componentes: Binaria, Ternaria, Cuaternaria,....

**Disolvente:** componente que está presente en la mayor cantidad y que determina el estado de la materia en la que existe una disolución.

**Soluto:** el resto de los componentes.

**Coloides:** Dispersión de “partículas pequeñas”

**Sol:** sólido en un líquido

**Emulsión:** líquido en líquido

**Humo:** sólido en gas

**Aerosol, Niebla:** líquido en gas

**Gel:** fase dispersa, estructura semirígida

Tipo de disolución	Ejemplo
<u>Disoluciones gaseosas</u>	
G-G	Aire seco
L-G	Aire húmedo
S-G	Hielo seco en N <sub>2</sub>
<u>Disoluciones líquidas</u>	
G-L	Agua carbónica
L-L	Alcohol en agua
S-L	Agua azucarada
<u>Disoluciones sólidas</u>	
G-S	H <sub>2</sub> en paladio
L-S	Hg en Au
S-S	Latón (Cu y Zn)

## Disoluciones sólidas:

- Sustitucional
- Intersticial

*La descripción de una disolución implica conocer sus componentes y sus cantidades relativas **concentración**.*

## 2.- FORMAS DE EXPRESAR LA CONCENTRACIÓN.



Tema 10.- Disoluciones

### • Fracción molar ( $x$ )

$$X_i = \frac{n_i}{n_{\text{Tot}}} \left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Representa el tanto por uno en moles de } i \\ \bullet \text{ Adimensional} \\ \bullet \mathbf{0 \leq x_i \leq 1}; \quad \sum_i x_i = 1 \end{array} \right.$$

### • Molalidad ( $m$ )

$$m_i = \frac{n_i}{\text{kg disolvente}} \left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Unidades: mol}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ (molal,m)} \end{array} \right.$$

### • Molaridad ( $M$ )

$$M_i = \frac{n_i}{\text{L disolución}} \left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Unidades: mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ (molar,M)} \\ \bullet \text{ Ventaja: Facilidad para medir V} \end{array} \right.$$

## 2.- FORMAS DE EXPRESAR LA CONCENTRACIÓN.



- Normalidad (M)

$$N_i = \frac{\text{equivalentes (i)}}{\text{L disolución}} \left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Unidades: equiv}\cdot\text{L}^{-1} \text{ (normal, N)} \\ \bullet \text{ Depende de la reacción} \end{array} \right.$$

$$\text{equivalentes (i)} = n_i \cdot \text{valencia} \begin{cases} \rightarrow \text{Protones transferidos en rcc. ácido-base} \\ \rightarrow \text{Electrones transferidos en rcc. redox} \end{cases}$$

- Porcentaje en peso (% w/w)

$$\% \text{ peso} = \frac{\text{masa soluto}}{\text{masa disolución}} \cdot 100$$

- Partes por millón (ppm)

$$\text{ppm} = \frac{\text{masa soluto}}{\text{masa disolución}} \cdot 10^{-6}$$

# 3.- EL PROCESO DE DISOLUCIÓN.



## ❖ Solubilidad

El proceso de disolución depende del balance entre tres tipos de interacciones:

- Disolvente / disolvente
- Solute / soluto
- Disolvente / soluto

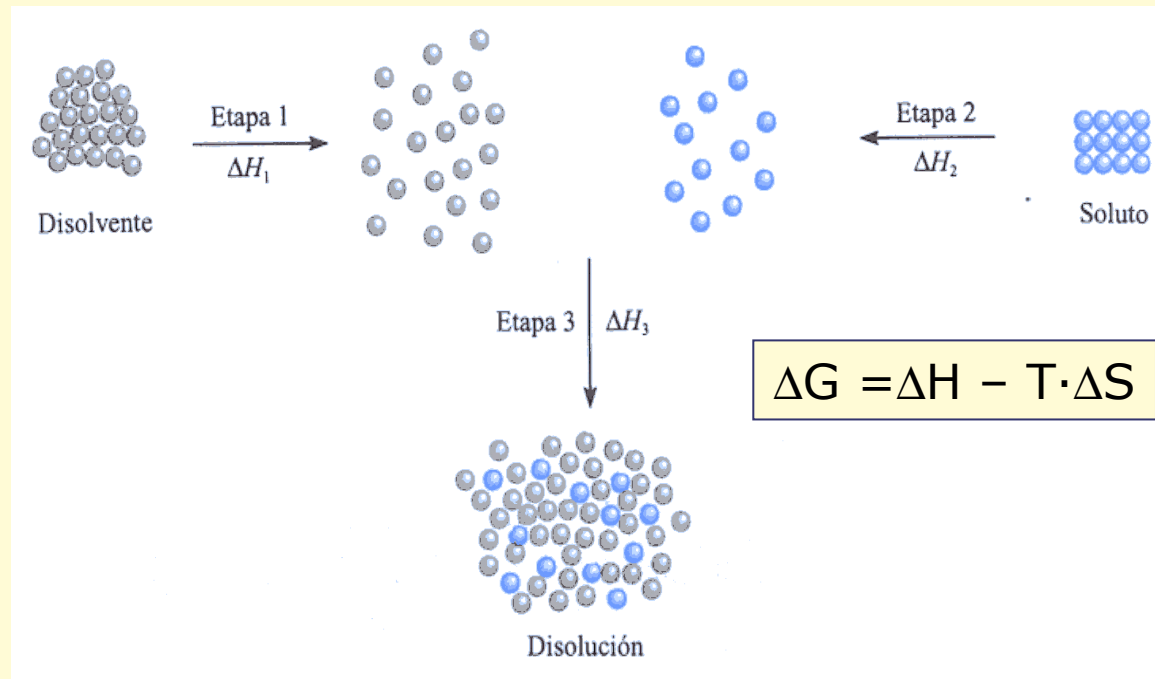
“Semejante disuelve a semejante” (miscibilidad)

Tetracloruro de carbono / benceno (fuerzas de dispersión)

Alcoholes / agua (enlaces de hidrógeno)

Sales / agua (interacciones ión – dipolo)

Imagen tomada de:  
Chang, R. “Química”, McGraw-Hill, México 1998



# 4.- SOLUBILIDAD.



## SATURACIÓN Y SOLUBILIDAD

Disolución saturada  $\Rightarrow$  soluto disuelto y sin disolver en equilibrio dinámico

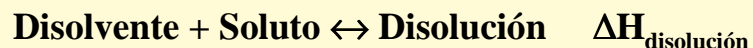
Solubilidad, S  $\Rightarrow$  concentración de una sustancia en su disolución saturada.

Imagen tomada de:  
Chang, R. "Química", McGraw-Hill, México 1998

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SOLUBILIDAD

- Naturaleza del disolvente

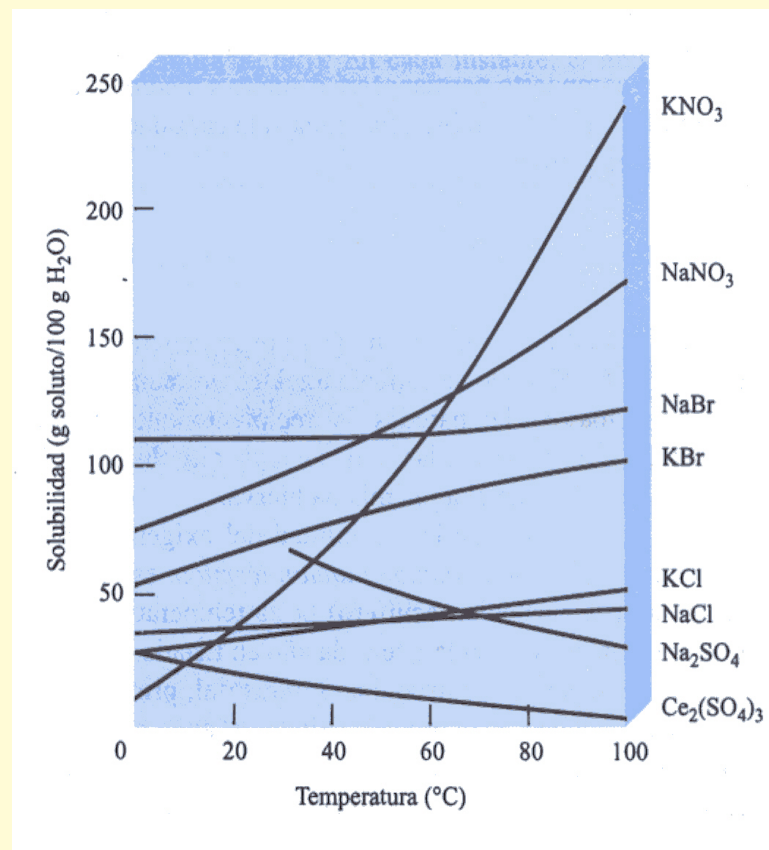
- Temperatura



Para  $\Delta H_{\text{disolución}} > 0$ ;    si  $T \uparrow \Rightarrow S \uparrow$

Para  $\Delta H_{\text{disolución}} < 0$ ;    si  $T \uparrow \Rightarrow S \downarrow$

Solubilidad de gases  
(Contaminación térmica)



# 4.- SOLUBILIDAD.



## Efecto de la presión en la solubilidad de gases

$$\text{Ley de Henry} \Rightarrow S = k \cdot P_i$$

## Teoría cinética y ley de Henry

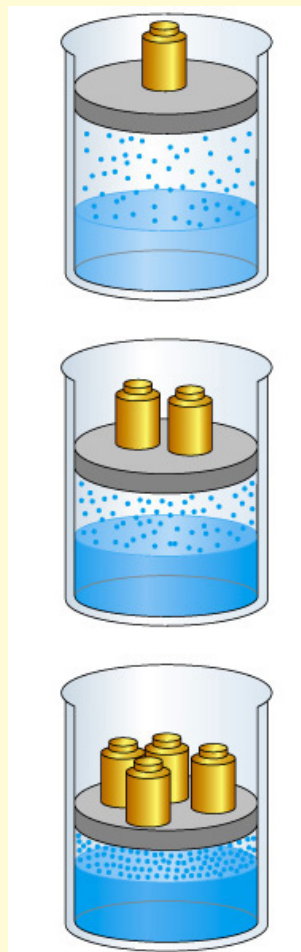


Imagen tomada de:  
General Chemistry: Principles and Modern Applications  
R.H. Petrucci

# 5.- LEY DE REPARTO.

## Extracción

$$k_D = C_B/C_A = S_B/S_A = (m_B/V_B)/(m_A/V_A)$$

- $k_D$  = Coeficiente de reparto
- $m_B$  = masa de soluto en B
- $m_A$  = masa de soluto en A



# 6.- LEY DE RAOULT.



## CONCEPTO DE DISOLUCIÓN IDEAL

Estudio de los gases: Fácil gracias al modelo del gas ideal.

- Modelo sencillo para predecir su comportamiento.
- Referente para el estudio de gases reales.

1) Descripción fenomenológica:  $PV = nRT$

2) Descripción molecular:

- Moléculas puntuales (V despreciable).
- No existen interacciones intermoleculares entre ellas.

*¿No podríamos disponer de un modelo análogo para disoluciones?*

# 6.- LEY DE RAOULT.

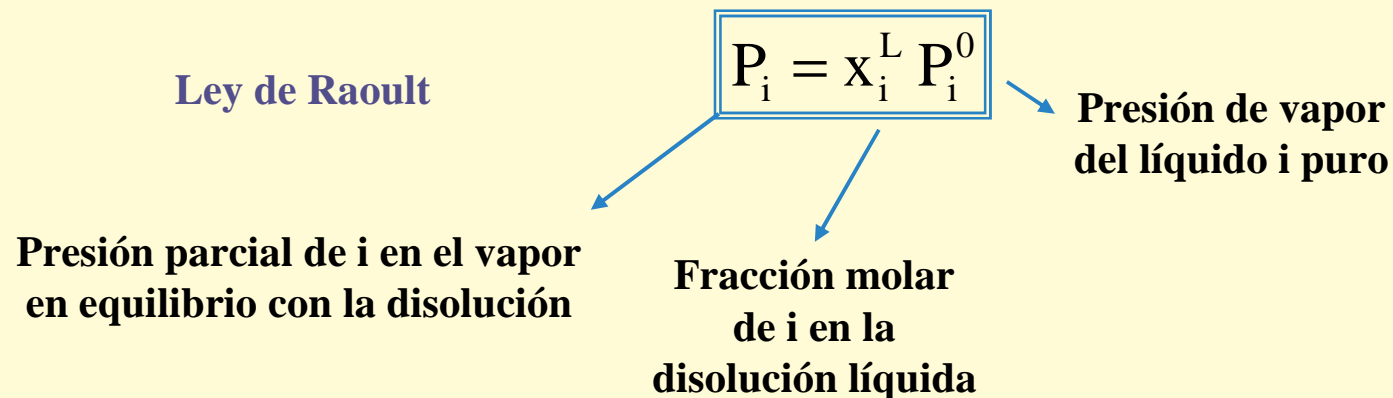


## Disolución Ideal

### 1) Descripción molecular

Disolución en la cual las moléculas de las distintas especies son tan semejantes unas a otras que las moléculas de uno de los componentes pueden sustituir a las del otro sin que se produzca una variación de la estructura espacial de la disolución ni de la energía de las interacciones intermoleculares presentes en la misma.

### 2) Descripción fenomenológica



# 6.- LEY DE RAOULT.



## DISOLUCIONES IDEALES.

Si componentes volátiles

### Disoluciones ideales:

- LÍQUIDO: Ley de Raoult

$$P_i = P_i^0 \chi_i$$

- VAPOR: Ley de Dalton

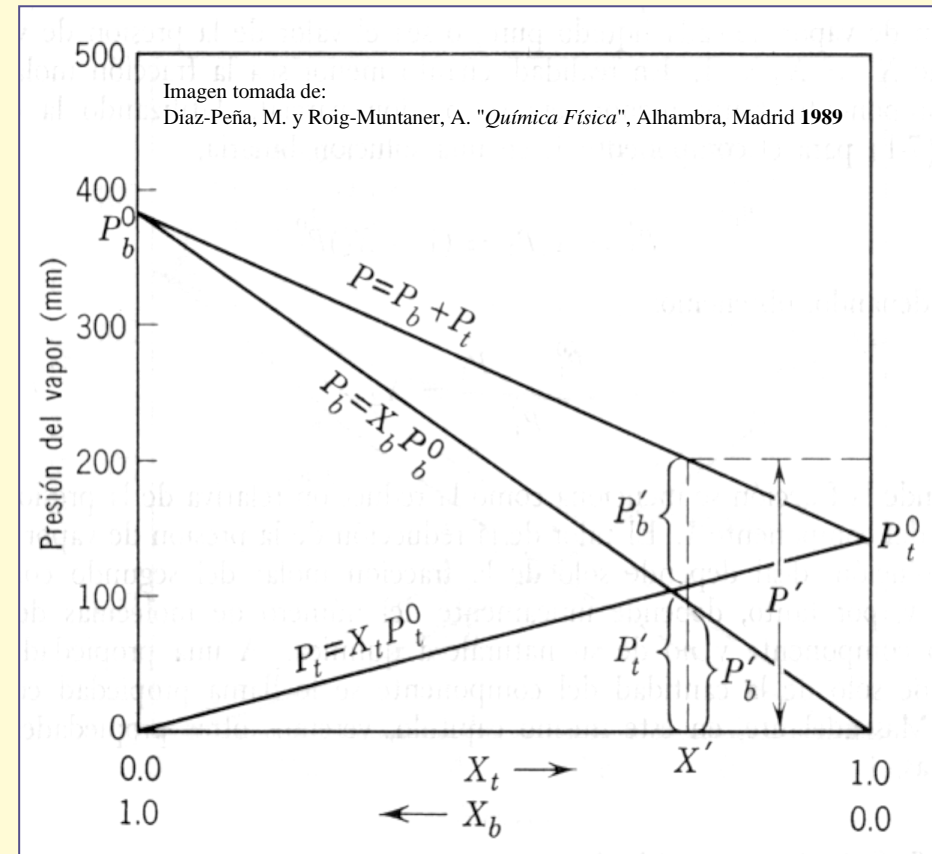
$$P = \Sigma P_i = \Sigma \chi_i P_i^0$$

En disoluciones de un solo soluto:

$$P_1 = (1-\chi_2)P_1^0 \Rightarrow P_1^0 - P_1 = \chi_2 P_1^0$$

Disminución de presión de vapor =  $\Delta P = \chi_2 P_1^0$  **PROPIEDAD COLIGATIVA**

“Las moléculas de disolvente tienen menor tendencia a abandonar la disolución que el disolvente puro (menos cambio en el desorden)”



# 6.- LEY DE RAOULT.



## DESVIACIONES DE LA LEY DE RAOULT. DISOLUCIONES NO IDEALES.

Disoluciones de dos componentes volátiles, A y B:

Imagen tomada de:  
Díaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A. "Química Física", Alhambra, Madrid 1989

A) interacciones A-B < interacciones A-A ó B-B

Desviación positiva de la ley de Raoult

### DISOLUCIÓN DILUIDA IDEAL

• El disolvente obedece la ley de Raoult:

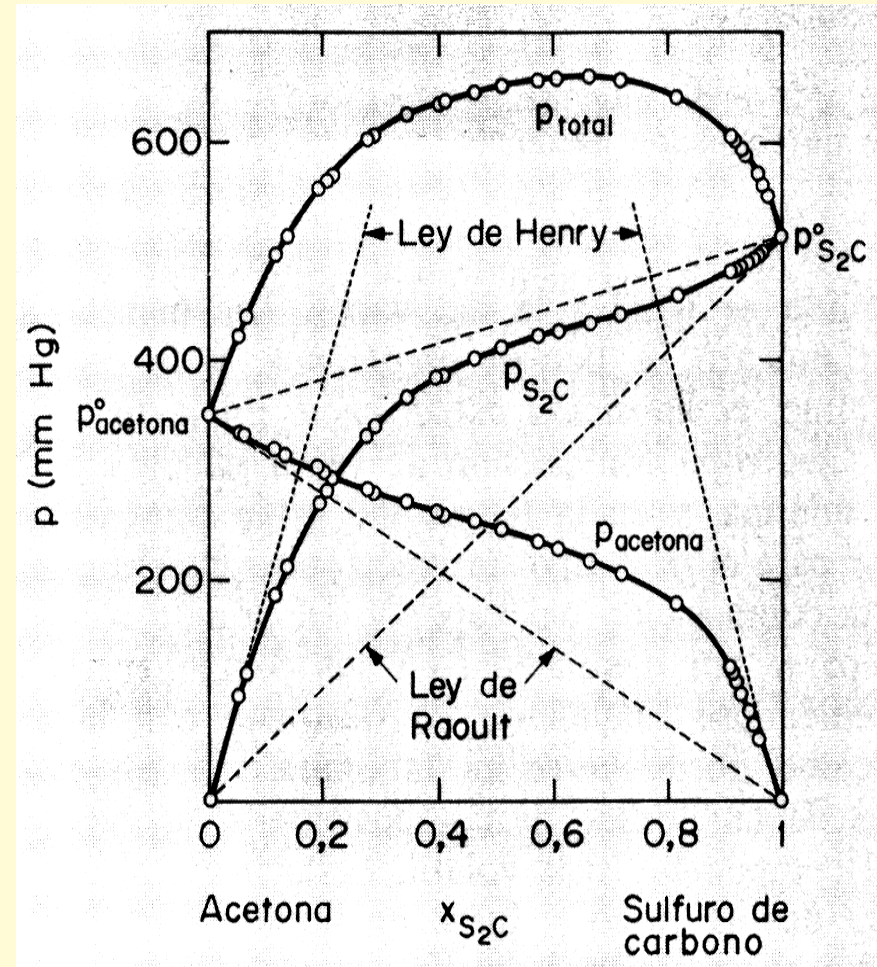
$$\chi_i \rightarrow 1 \quad \boxed{P_i = x_i^L P_i^0}$$

• El soluto obedece la ley de Henry:

$$\chi_i \rightarrow 0 \quad \boxed{P_i = k_i x_i^L}$$

$$\Delta H_M > 0$$

$$\Delta V_M > 0$$



# 6.- LEY DE RAOULT.



## B) interacciones A-B > interacciones A-A ó B-B

Imagen tomada de:  
Diaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A. "Química Física", Alhambra, Madrid 1989

Desviación negativa de la ley de Raoult

### DISOLUCIÓN DILUIDA IDEAL

- El disolvente obedece la ley de Raoult:

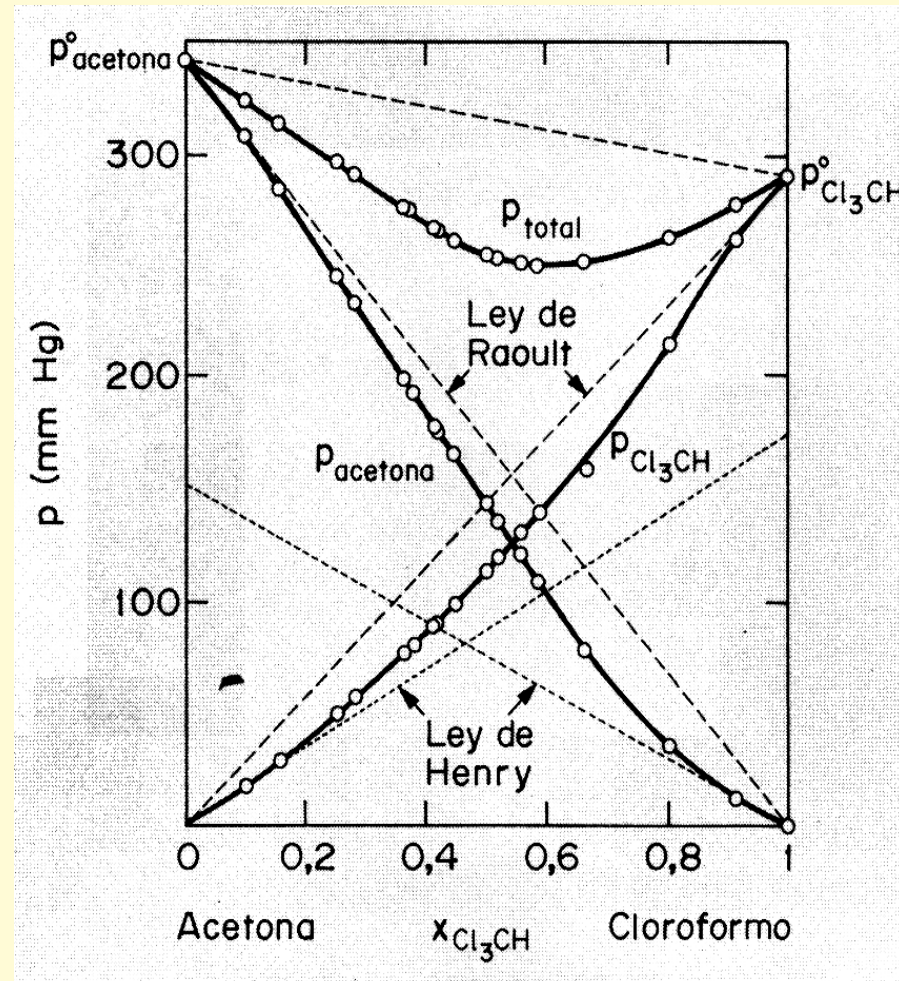
$$\chi_i \rightarrow 1 \quad \boxed{P_i = x_i^L P_i^0}$$

- El soluto obedece la ley de Henry:

$$\chi_i \rightarrow 0 \quad \boxed{P_i = k_i x_i^L}$$

$$\Delta H_M < 0$$

$$\Delta V_M < 0$$



# 7.- DIAGRAMAS DE PUNTO DE EBULLICIÓN.



Tema 10.- Disoluciones

## a) Diagramas presión – composición

$\chi$  = fracción molar en el líquido  
 $y$  = fracción molar en el vapor

### Según la ley de Raoult

$$P_1 = \chi_1 P_1^0$$

$$P_2 = \chi_2 P_2^0$$

$$P = P_1 + P_2 = P_2^0 + \chi_1(P_1^0 - P_2^0)$$

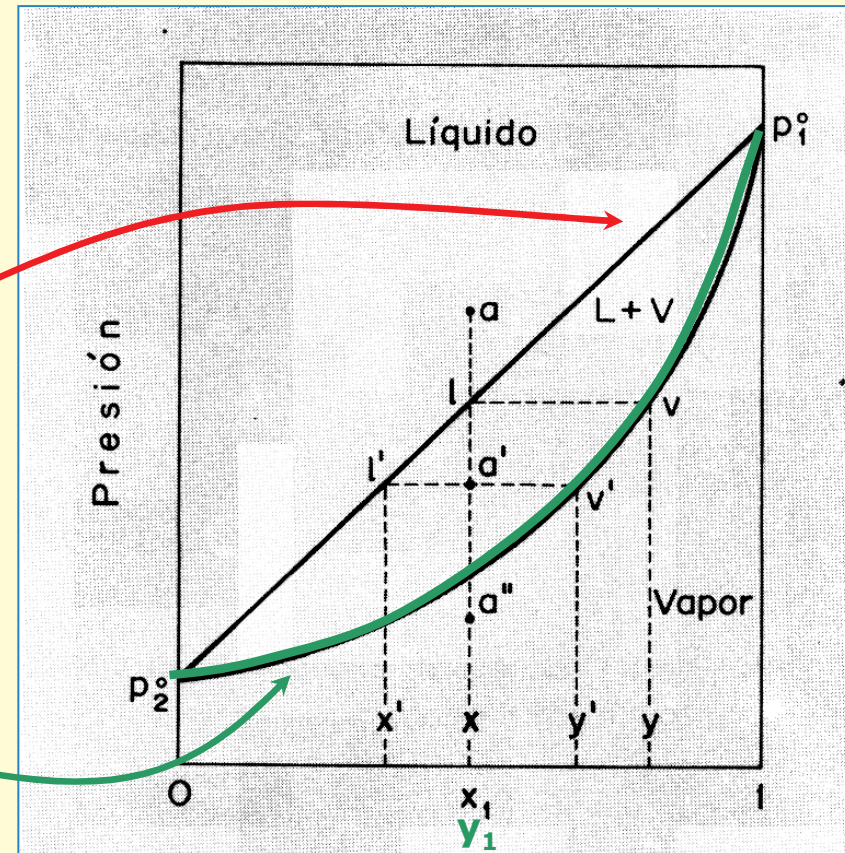
### Según Dalton

$$P_i = y_i P$$

$$y_1 = P_1/P = \chi_1 P_1^0 / [P_2^0 + \chi_1(P_1^0 - P_2^0)]$$

$$P = P_1^0 P_2^0 / [P_1^0 + y_1(P_2^0 - P_1^0)]$$

Imagen tomada de:  
 Díaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A. "Química Física", Alhambra, Madrid 1989



# 7.- DIAGRAMAS DE PUNTO DE EBULLICIÓN.



Tema 10.- Disoluciones

## b) Diagramas temperatura - composición

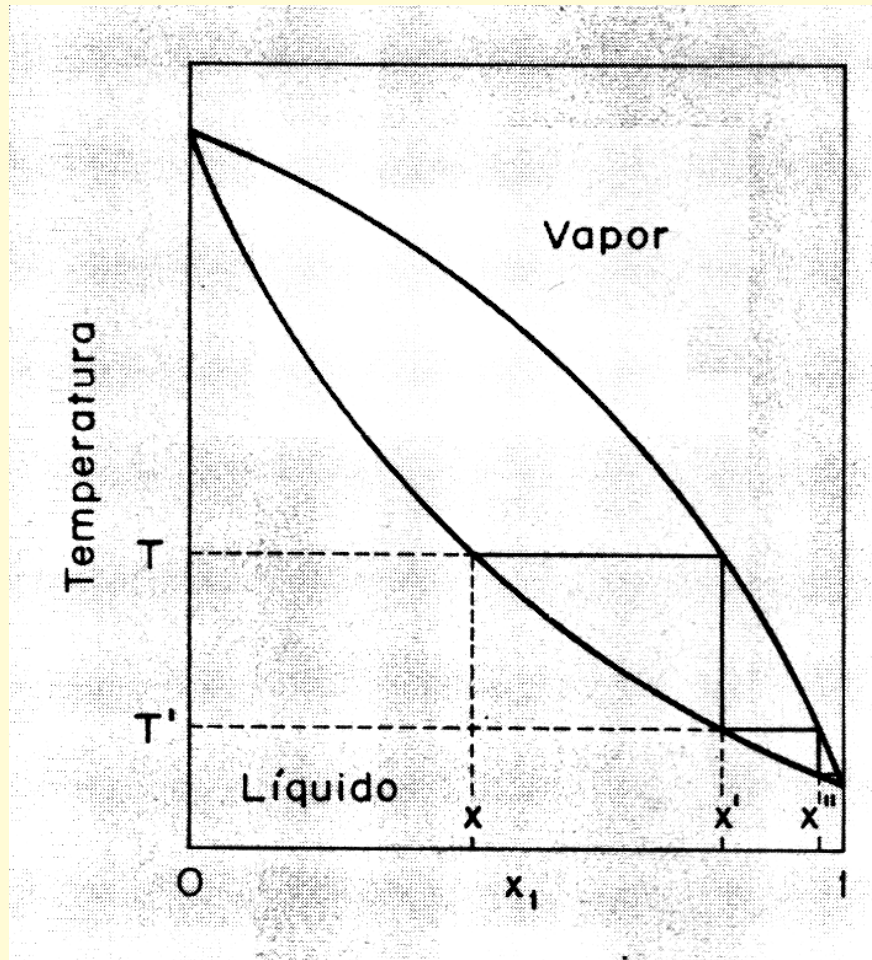


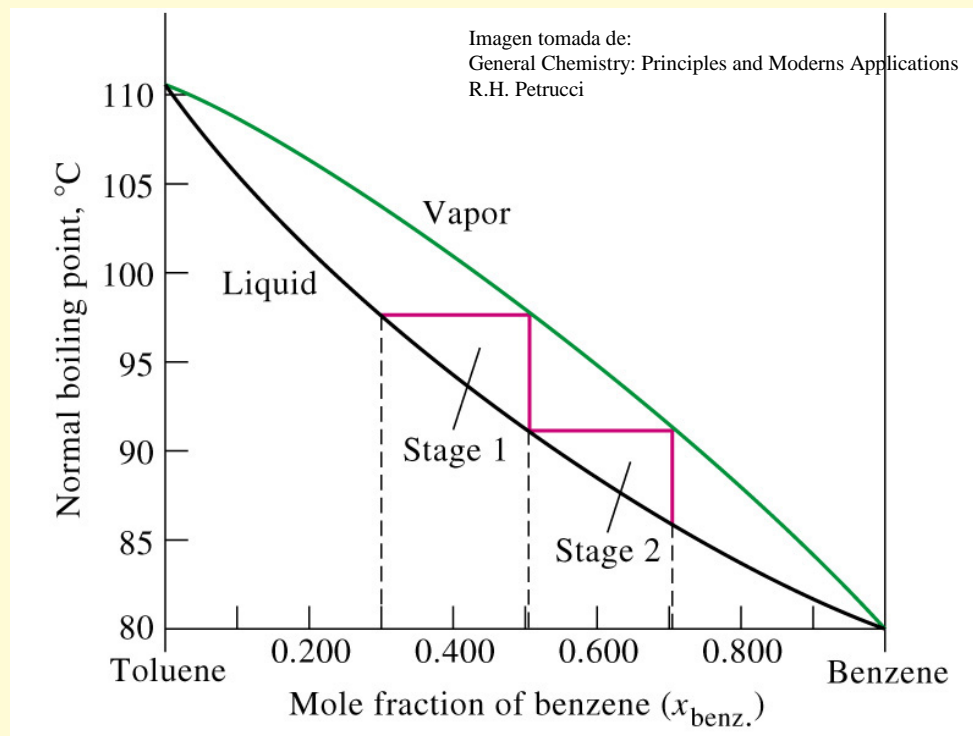
Imagen tomada de:  
Díaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A. "Química Física", Alhambra, Madrid 1989

# 8.- DESTILACIÓN.



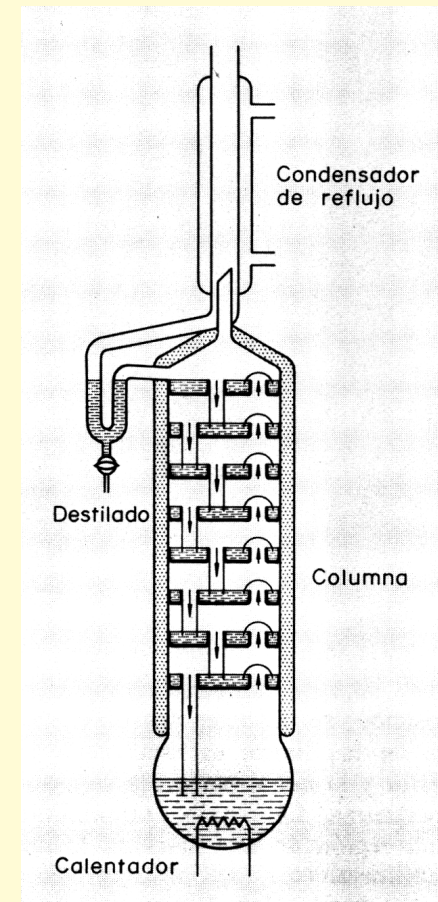
## Destilación simple

***Como el vapor es más rico en el componente más volátil que el líquido original es posible separar los 2 componentes de una disolución ideal por destilaciones sucesivas.***



## Destilación fraccionada

Imagen tomada de:  
Díaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A. "Química Física", Alhambra, Madrid 1989



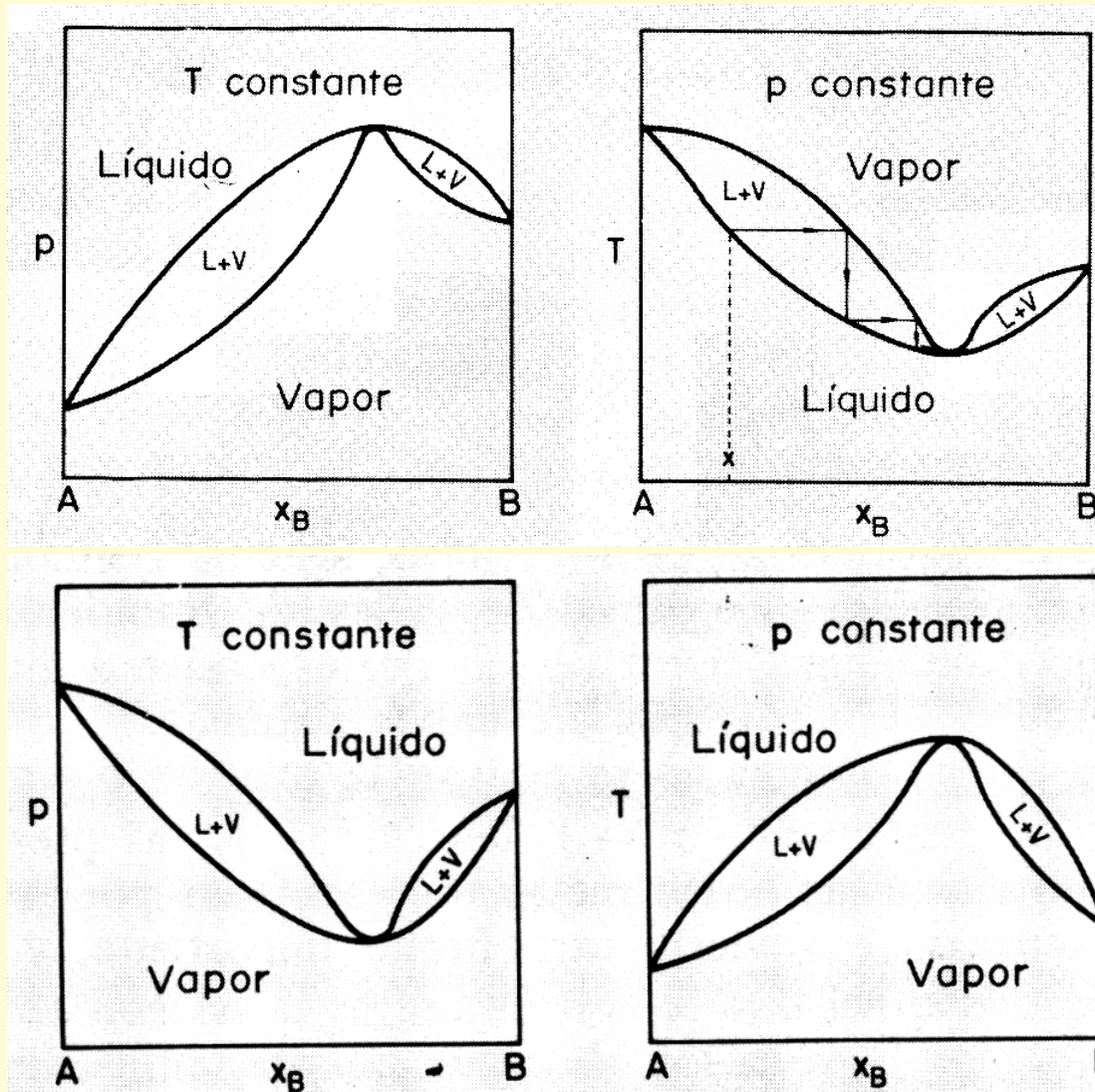


# 7.- DIAGRAMAS DE PUNTO DE EBULLICIÓN.



Tema 10.- Disoluciones

Aceótropos



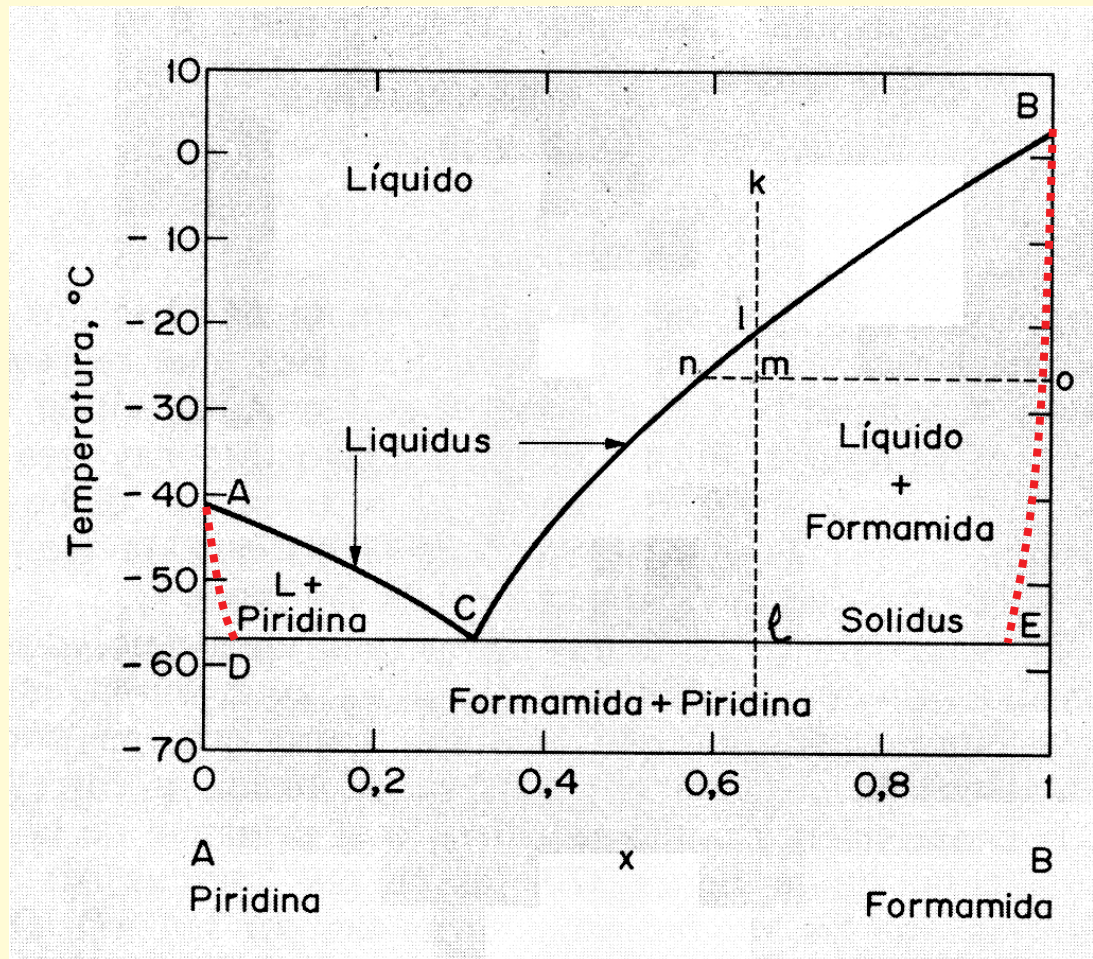
Imágenes tomadas de:  
Díaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A.  
"Química Física", Alhambra, Madrid 1989

# 9.- DIAGRAMAS DE PUNTO DE CONGELACIÓN.



Tema 10.- Disoluciones

Diagramas de punto de congelación: eutécticos  
Equilibrio sólido líquido (sistemas eutécticos simples)



Imágenes tomadas de:  
Díaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A. "Química Física",  
Alhambra, Madrid 1989

# 10.- PROPIEDADES COLIGATIVAS.



Tema 10.- Disoluciones

La formación de una disolución tiene consecuencias sobre una serie de propiedades:

*propiedades coligativas.*



Propiedades que dependen únicamente de la cantidad (concentración) de soluto añadida (moles o moléculas de soluto), pero no de su naturaleza.

1. Disminución de la presión de vapor
2. Aumento de la temperatura de ebullición
3. Descenso de la temperatura de fusión/congelación
4. Presión osmótica

Estudiaremos disoluciones diluidas ideales (no electrolíticas) formadas por un disolvente volátil (1) y un soluto no volátil (2).

# 10.- PROPIEDADES COLIGATIVAS.



1. Disminución de la presión de vapor:  $\Delta P = \chi_2 P_1^0$
2. Aumento de la temperatura de ebullición (Ebulloscopía)

Punto de ebullición =  $T_b$  = Temperatura donde  $P_{\text{vapor}} = P_{\text{extern}}$

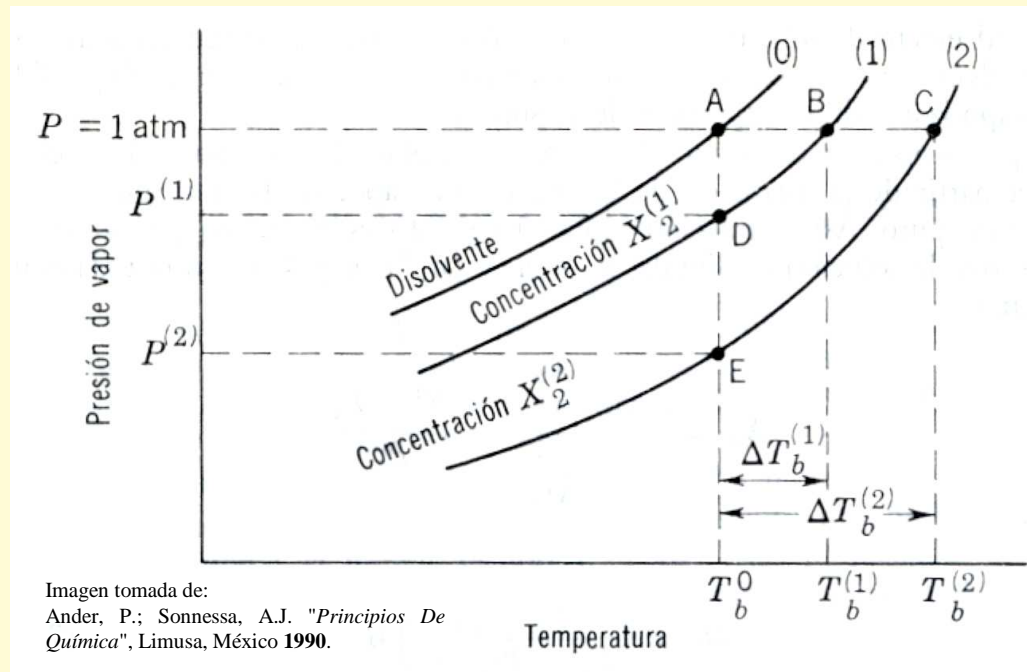


Imagen tomada de:  
Ander, P.; Sonnessa, A.J. "Principios De Química", Limusa, México 1990.

Sustituyendo en (\*)

$$k = [P_1^0 - P_1^{(1)}] / \Delta T_b^{(1)} = [P_1^0 - P_1^{(2)}] / \Delta T_b^{(2)}$$

$$\Delta T_b = (P_1^0 / k) \cdot \chi_2 = k' \chi_2$$

$$k' = R(T_b^0)^2 / \Delta H_v$$

( $\Delta H_v$  = calor molar de vaporización)

Para disoluciones diluidas,

$$n_2 < n_1 \Rightarrow \chi_2 \approx n_2 / n_1 = n_2 M_1 / w_1$$

$$m_2 = 1000 n_2 / w_1 \Rightarrow \chi_2 = m_2 M_1 / 1000$$

$$\Delta T_b = k_b m_2$$

$$\Delta T_b = k_b 1000 w_2 / w_1 M_2$$

(\*)  $AD/AB = AE/AC = k$  (triángulos equivalentes)

$AB = \Delta T_b^{(1)}$  y  $AD = P^0 - P^{(1)}$

$AC = \Delta T_b^{(2)}$  y  $AE = P^0 - P^{(2)}$

# 10.- PROPIEDADES COLIGATIVAS.



## 3.- Disminución del punto de congelación (crioscopia)

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f = k_f \cdot m$$

$$\Delta T_f = k_f \frac{1000 w_2}{w_1 M_2}$$

**Constante crioscópica** {  
• Propiedad del disolvente (no depende del soluto)  
• Unidades:  $K \cdot kg \cdot mol^{-1}$

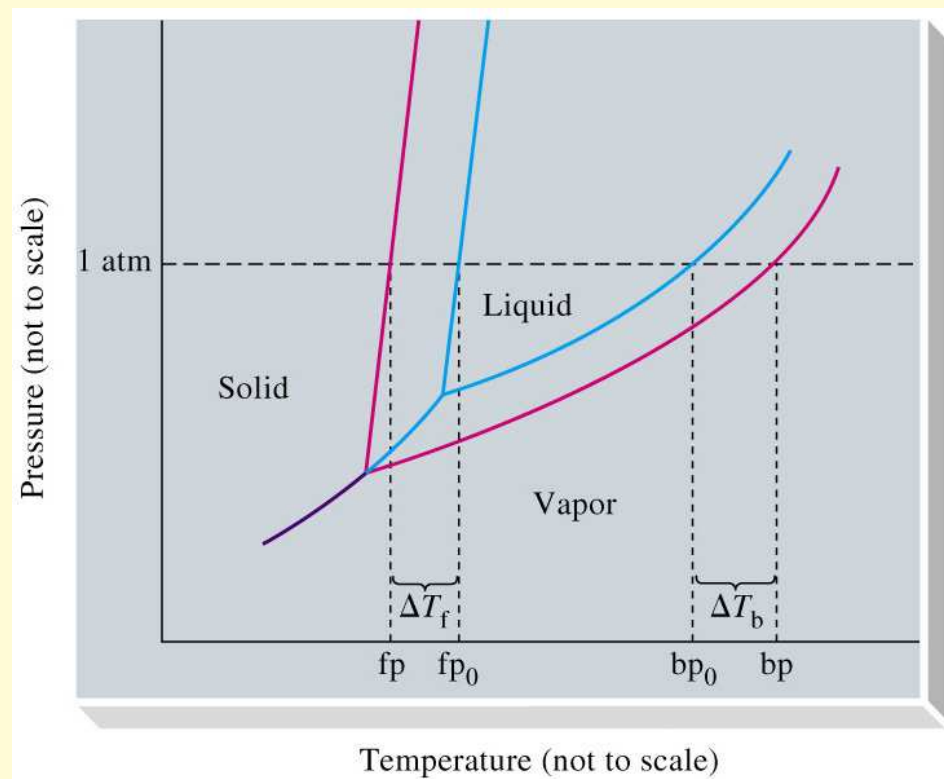


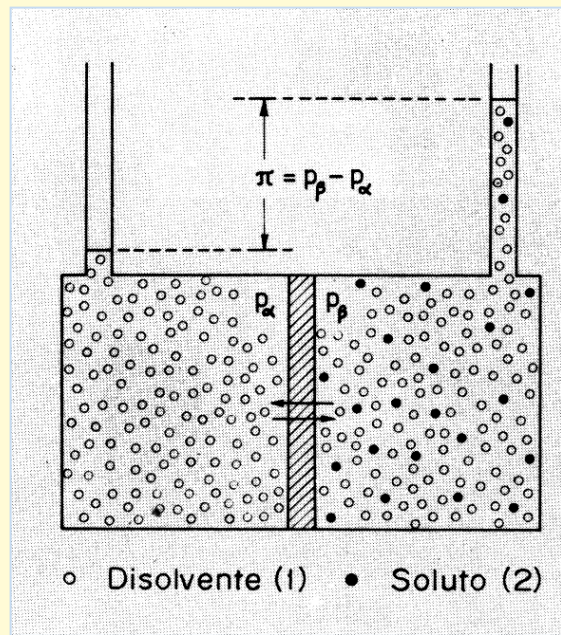
Imagen tomada de:  
General Chemistry: Principles and Modern Applications  
R.H. Petrucci

# 10.- PROPIEDADES COLIGATIVAS.



## 4.- Ósmosis y presión osmótica

“Paso selectivo de moléculas de disolvente a través de una membrana semipermeable desde una disolución diluida hacia una de mayor concentración”



Presión osmótica =  $\pi = M \cdot R \cdot T$

M = molaridad de la disolución

Disoluciones isotónicas, hiper e hipotónicas

Ósmosis inversa

Imágenes tomadas de:  
Díaz-Peña, M. y Roig-Muntaner, A. "Química Física",  
Alhambra, Madrid 1989