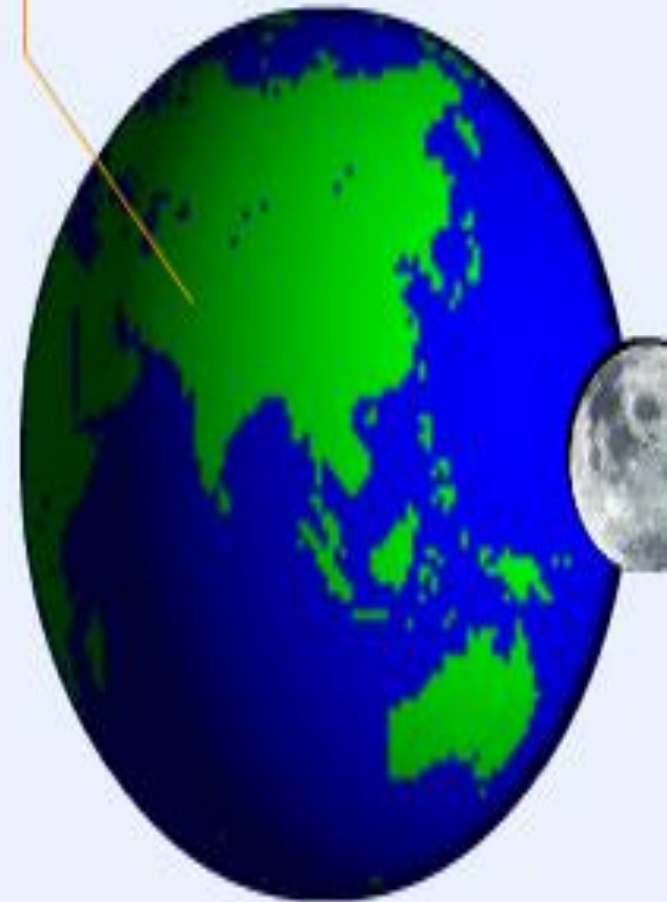


# ***SOLUCIONES y PROPIEDADES COLIGATIVAS***

**El agua, un bien escaso**

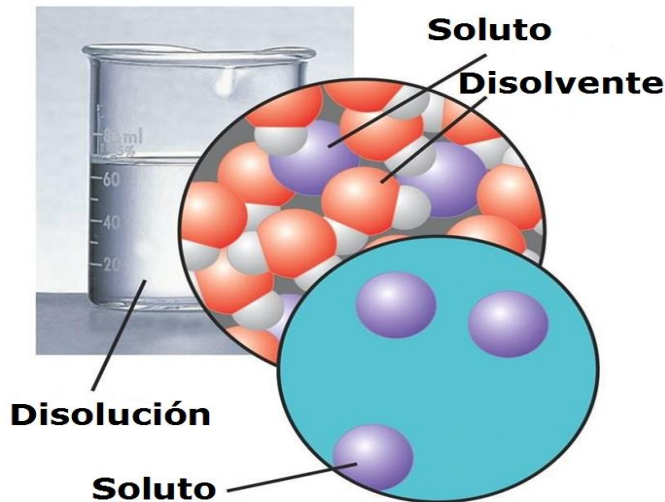
La hidrosfera es la totalidad de las aguas del planeta: océanos, mares y aguas continentales.



# SOLUCIONES O DISOLUCIONES

- Son **mezclas homogéneas (una fase)** que contienen dos o más tipos de sustancias denominadas **soluto (fase dispersa)** y **solvente (fase dispersante)**; que se mezclan en proporciones variables; sin cambio alguno en su composición, es decir no existe reacción química.

**Soluto + Solvente → Solución**



Disolución acuosa de NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub> y C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> [un suero fisiológico]

Disolución de O<sub>2</sub>(g) en H<sub>2</sub>O(líq)  
[respiración de peces]

Disolución de metanol(líq) en H<sub>2</sub>O(líq);  
metanol(ac); CH<sub>3</sub>OH(ac)

Disolución de glucosa(sól) en H<sub>2</sub>O(líq);  
glucosa(ac); C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>(ac)

## Soluto

- Es la sustancia que se disuelve, dispersa o solubiliza y siempre se encuentra en menor proporción, ya sea en peso o volumen.
- En una solución pueden haber varios solutos.
- A la naturaleza del soluto se deben el color, el olor, el sabor y la conductividad eléctrica de las disoluciones.
- El soluto da el nombre a la solución.

## Solvente o disolvente

Es la sustancia que disuelve o dispersa al soluto y generalmente se encuentra en mayor proporción.

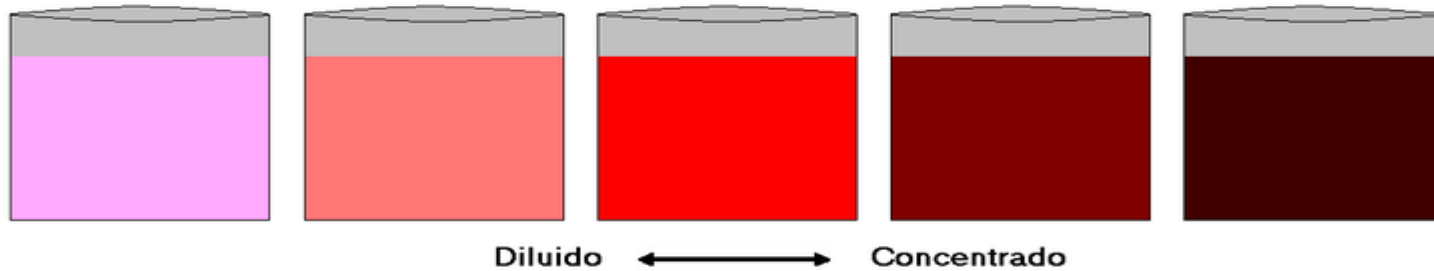
Existen solventes **polares** (agua, alcohol etílico y amoníaco) y **no polares** (benceno, éter, tetracloruro de carbono).

En las soluciones líquidas se toma como **solvente universal al agua debido a su alta polaridad.**

El solvente da el aspecto físico de la solución.

# CLASIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES

- Según el **número de componentes**. (binarias ., ternarias, etc. )
- Según **estado físico** de soluto y disolvente. (sólido, líquido, gaseoso)
- Según la **proporción de los componentes**. (diluidas, concentradas, saturadas, sobresaturadas).

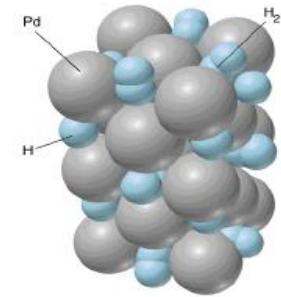


▪ Según el **carácter molecular** de los componentes:  
**Conductoras** (electrolíticas). Los solutos están ionizados (electrolitos) tales como disoluciones de ácidos, bases o sales.

**No conductoras** (no electrolíticas). El soluto no está ionizado, como por ejemplo: sacarosa, etc.

# SEGÚN ESTADO FÍSICO DE SOLUTO Y DISOLVENTE.

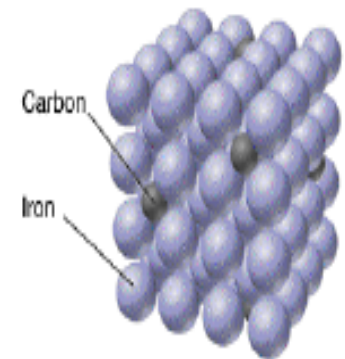
| Componente 1<br>(solute) | Componente 2<br>(disolvente) | Disolución | Ejemplos                                               |
|--------------------------|------------------------------|------------|--------------------------------------------------------|
| Gas                      | Gas                          | Gas        | Aire                                                   |
| Gas                      | Líquido                      | Líquido    | O <sub>2</sub> en H <sub>2</sub> O                     |
| Gas                      | Sólido                       | Sólido     | H <sub>2</sub> en Pd                                   |
| Líquido                  | Gas                          | Gas        | Vapor de agua en aire                                  |
| Líquido                  | Líquido                      | Líquido    | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH en H <sub>2</sub> O |
| Líquido                  | Sólido                       | Sólido     | Hexano en parafina<br>Mercurio en oro (amalgama)       |
| Sólido                   | Gas                          | Gas        | Sublimados (naftalina, I <sub>2</sub> )                |
| Sólido                   | Líquido                      | Líquido    | NaCl en H <sub>2</sub> O                               |
| Sólido                   | Sólido                       | Sólido     | Latón (Cu/Zn), Acero (Fe/C)<br>(aleaciones)            |



Disolución Gas-Sólido



Disolución Líquido-Líquido



Carbon steel, an interstitial alloy

Disolución sólido-sólido

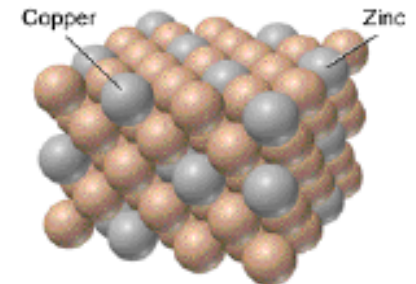
# DISOLUCIONES LÍQUIDAS

| Sólido en liquido             | Liquido en liquido | Gas en liquido                                |
|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|
| Azúcar en agua<br>Sal en agua | Alcohol en agua    | CO <sub>2</sub> en agua<br>(Bebidas gaseosas) |

- Disoluciones gaseosas

✓ aire

✓ smog



- Disoluciones solidas

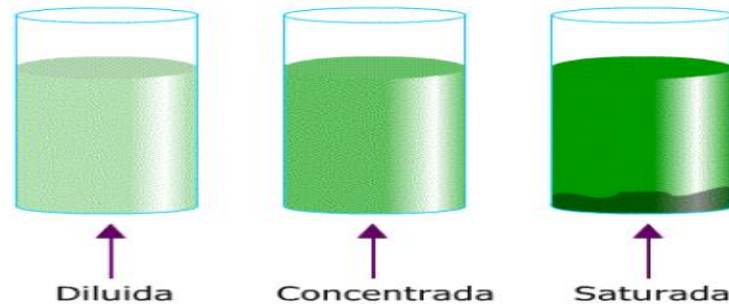
✓ aleaciones (latón que es una solución solida de zinc y cobre)

# SEGÚN LA PROPORCIÓN DE LOS COMPONENTES

**Diluidas o insaturadas:** Son las que tienen una pequeña cantidad de soluto en un determinado volumen de disolución.

**Concentradas o saturadas :** Son aquellas que tienen gran cantidad de soluto en un determinado volumen de disolución y por lo tanto, están próximas a la saturación. Existe un equilibrio dinámico entre soluto y disolvente.

**Supersaturadas :** Son las que contienen más soluto que el presente en las disoluciones saturadas.



# SEGÚN EL CARÁCTER MOLECULAR DE LOS COMPONENTES

## Conductoras.

Un **electrolito** es una sustancia que, se disuelve en agua, forma una disolución que conduce electricidad. Los ácidos y bases y sales son ejemplos de sustancias electrolíticas.

| Electrolitos                  |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Fuertes                       | Débiles                       |
| Cloruro de sodio (NaCl)       | Ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) |
| Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) | Ácido acético ( $CH_3COOH$ )  |
| Hidróxido de sodio (NaOH)     | Ácido sulfhídrico ( $H_2S$ )  |

## No conductoras.

Un **no electrolito** no conduce la corriente eléctrica cuando se disuelve en agua.

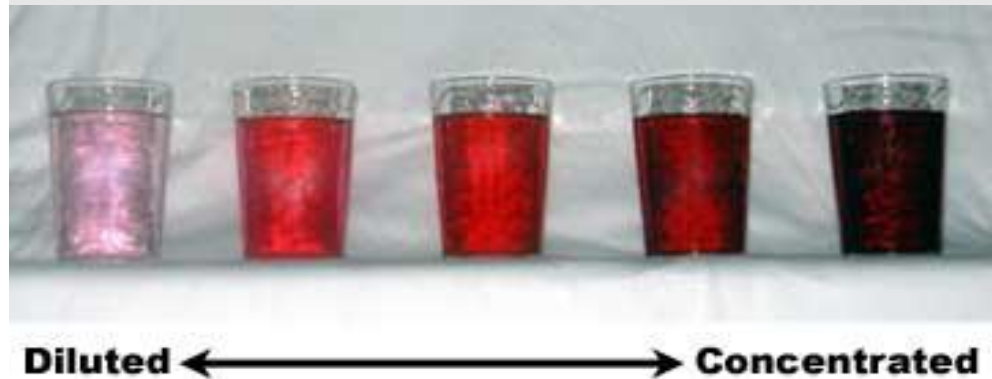


# UNIDADES DE CONCENTRACIÓN

(formas de expresarla)

- Porcentaje en masa
- Porcentaje en volumen
- Partes por millón
  
- Molaridad.
- Normalidad
- Fracción molar.
- Molalidad.
- Solubilidad

La **concentración** de una disolución se define como la proporción de soluto en la disolución.



$$\text{Concentración} = \frac{\text{cantidad de soluto}}{\text{cantidad de disolución}}$$

- **Porcentaje masa/ masa (% m/m)**

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



12 g café

+ 188 g agua =

Solución 6% m/m

- **Porcentaje Volumen-Volumen (% v/v)**

Es el volumen de ***soluto*** que se encuentra en 100 ***ml*** de ***solución***.



20 ml Ac. acético + 80 ml agua = Solución 20% V/V

- **Partes por millón (ppm)**

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

• **Fracción molar (x)**

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

• **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)**

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

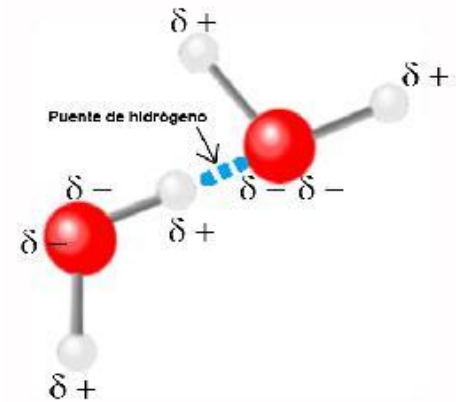
• **Normalidad (N)**

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

# SOLUBILIDAD

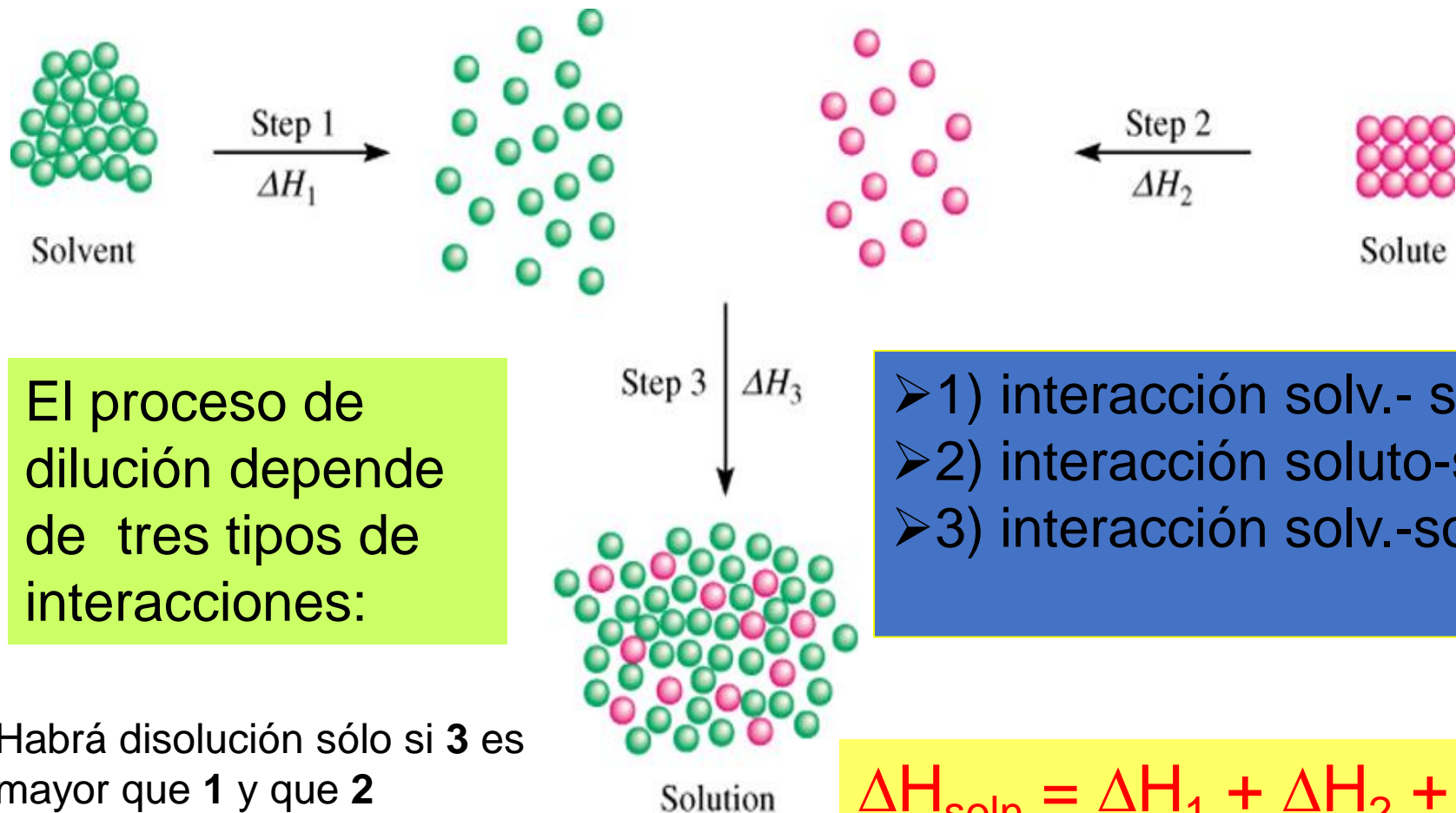
- Se define solubilidad como la máxima cantidad de un soluto que puede disolverse en una determinada cantidad de solvente a una temperatura dada.
- La solubilidad depende de la temperatura, presión y naturaleza del soluto y solvente.
- La solubilidad puede expresarse en:

gramos de soluto , gramos de soluto, moles de soluto  
Litro de solvente    100g de solvente    litro de solución



# PROCESOS DE DISOLUCIÓN

Una disolución se forma cuando una sustancia se dispersa de manera uniforme a través de otra.



El proceso de dilución depende de tres tipos de interacciones:

- 1) interacción solv.- solv.
- 2) interacción soluto-soluto
- 3) interacción solv.-soluto

Habrà disolución sólo si **3** es mayor que **1** y que **2**

$$\Delta H_{\text{soln}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

# Factores que afectan la solubilidad

- **NATURALEZA DE LAS SUSTANCIAS:** Semejante disuelve lo semejante.
- **TEMPERATURA:**
  - La solubilidad en la mayoría de **sólidos** y **líquidos** aumenta si aumenta la temperatura.
  - En **gases** la **solubilidad disminuye** si la **temperatura aumenta** (excepción del helio).
- **PRESIÓN:**
  - La presión tiene poco efecto sobre la solubilidad de líquidos y sólidos.
  - En **gases** la **solubilidad aumenta** si **aumenta la presión** a temperatura constante.

# Efecto de la naturaleza de las sustancias

La capacidad de una sustancia (líquida) para disolverse en otro se denomina **miscibilidad**.

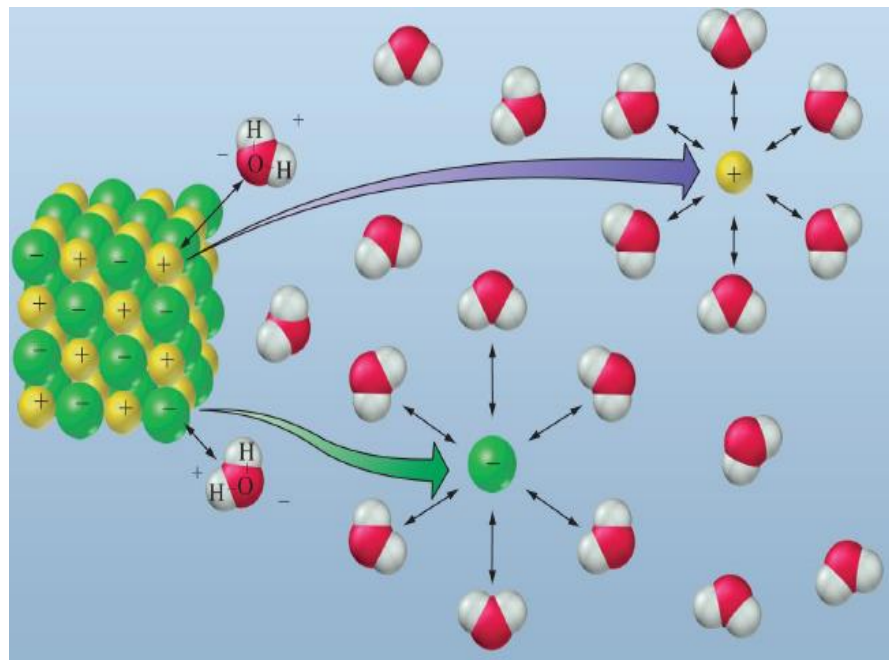
En general el proceso de disolución es exotérmico para líquidos miscibles.

“Semejante disuelve lo semejante”

Tetracloruro de carbono / benceno (fuerzas de dispersión)

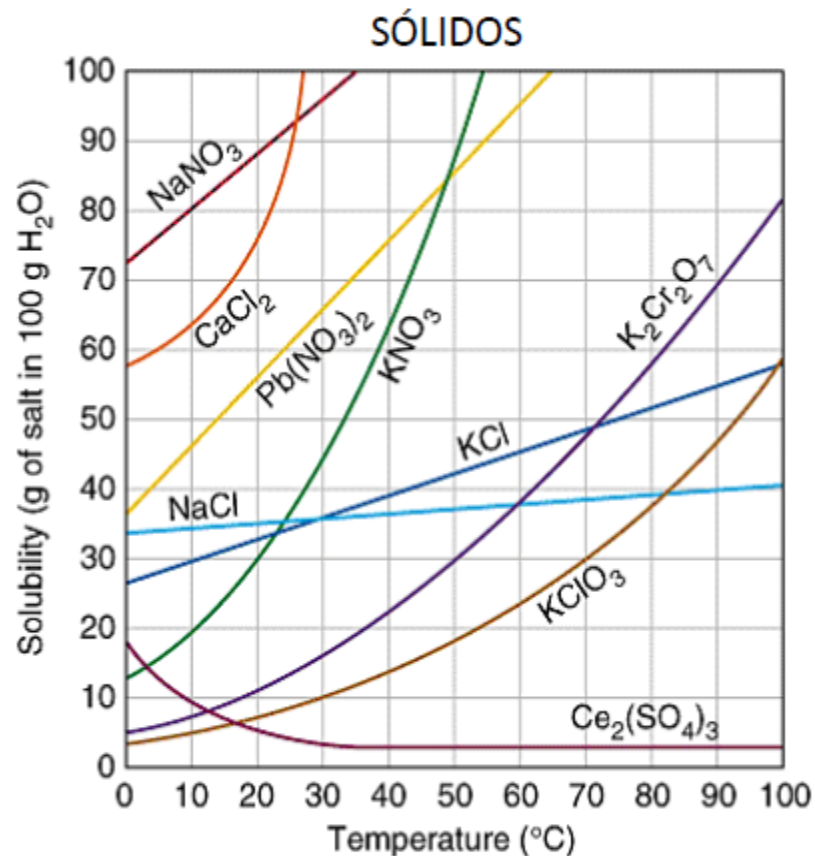
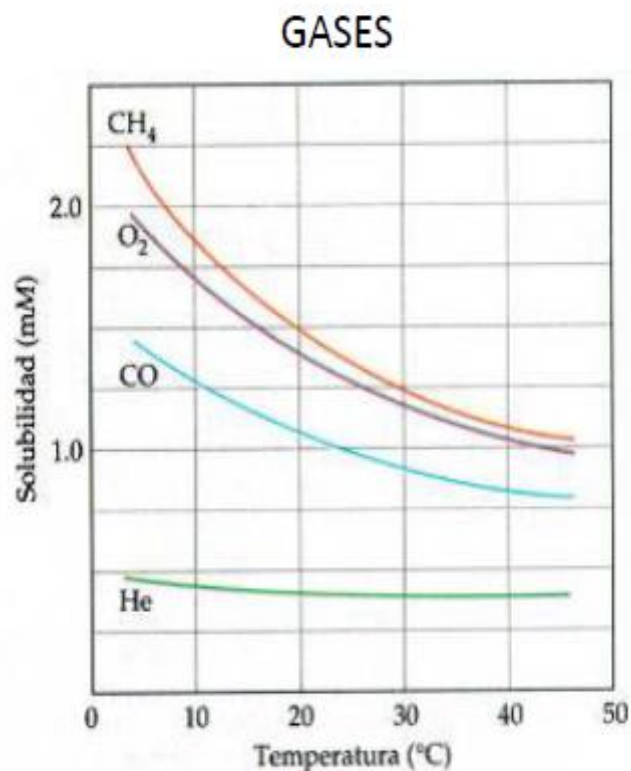
Alcoholes / agua (enlaces de hidrógeno)

Sales / agua (interacciones ión - dipolo)





# Variación de la solubilidad en agua con la temperatura



El comportamiento general muestra que mientras la solubilidad de los gases disminuye con la temperatura, en los sólidos, aumenta.

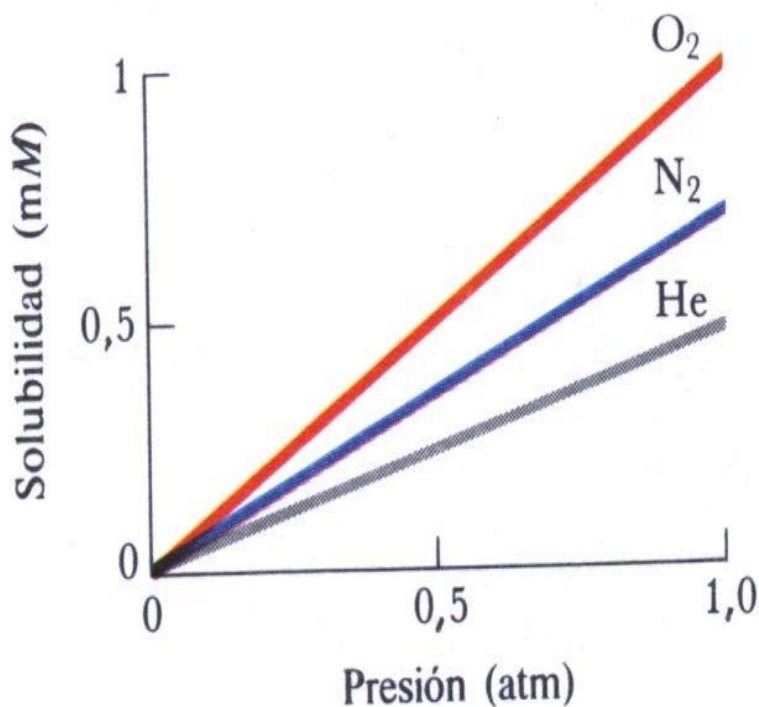


# Efecto de la presión en las disolución de gases



## Ley de Henry

A temperatura constante, la solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial del gas en equilibrio con el líquido.



$$C = k_H \cdot P$$

C : Concentración

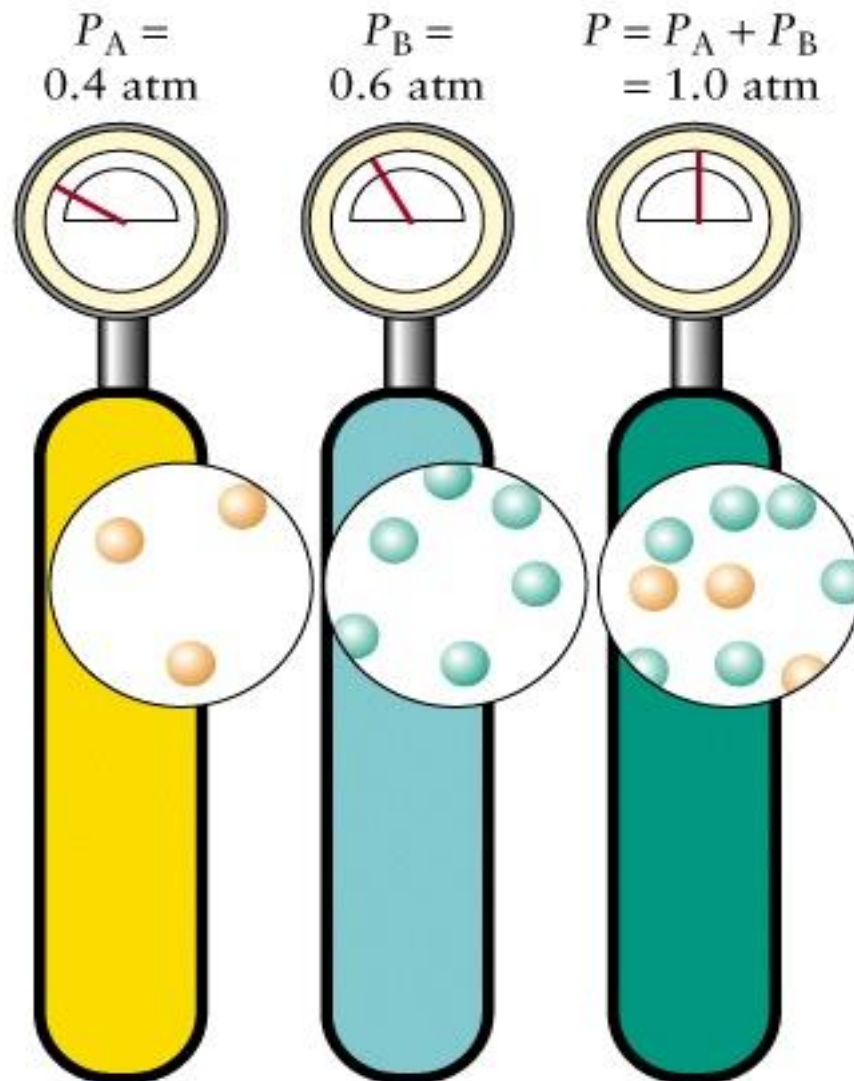
$k_H$  : Constante de Henry

P : Presión

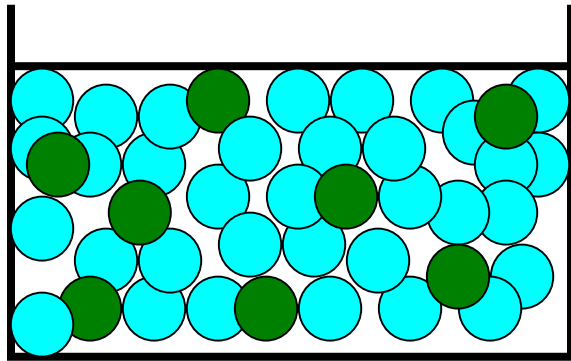
La exactitud de esta ecuación es de 1-3 % para gases ligeramente solubles de presiones de hasta una atmósfera

• *Se cumple para gases que no reaccionan con el solvente.*

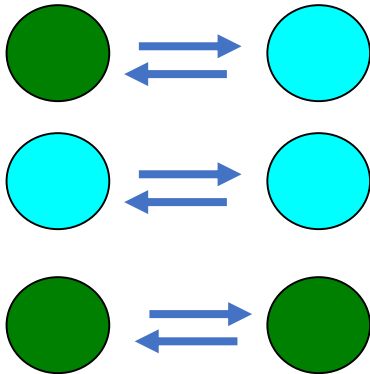
# Solución gas - gas



# SOLUCIÓN IDEAL



Es una disolución donde las moléculas de las distintas especies son tan parecidas unas a otras, que las moléculas de un componente de la disolución pueden reemplazar a moléculas de otro componente sin modificar la estructura espacial o la energía de las interacciones intermoleculares de la disolución.



Interacciones moleculares de igual magnitud.

A  $p$  y  $T = \text{cte}$

$\Delta V_M = 0$  no hay cambio de volumen al formarse la disolución, pues no cambia la estructura espacial.

$\Delta U_M = 0$  pues no cambia la energía de las interacciones al formarse.

$\Delta H_M = 0$  no hay calor de mezcla a  $P$  cte; ni absorbe ni desprende  $Q$ .

# SOLUCIONES LÍQUIDO - LÍQUIDO

## Pueden ocurrir tres casos:

- Que sean completamente miscibles (no existe punto de saturación).
- Que sean parcialmente miscibles. (se disuelven hasta un cierto grado y ocurre la saturación).

agua + éter etílico.

- Que sean inmiscibles.

Agua + aceite

# Disoluciones líquido-líquido – Ley de Raoult

Ley de Raoult

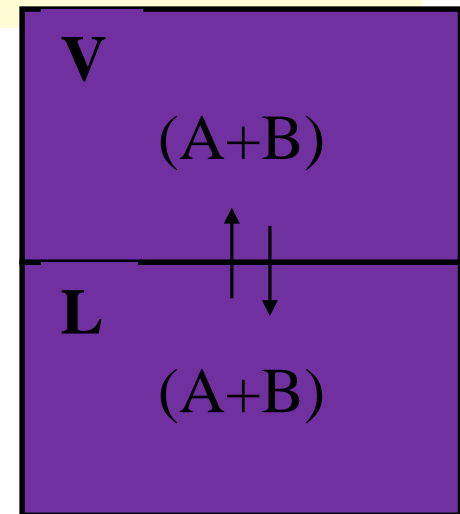
$$P_i = x_i^L P_i^0$$

Presión de vapor  
del líquido i puro

Presión parcial de i en el vapor  
en equilibrio con la disolución

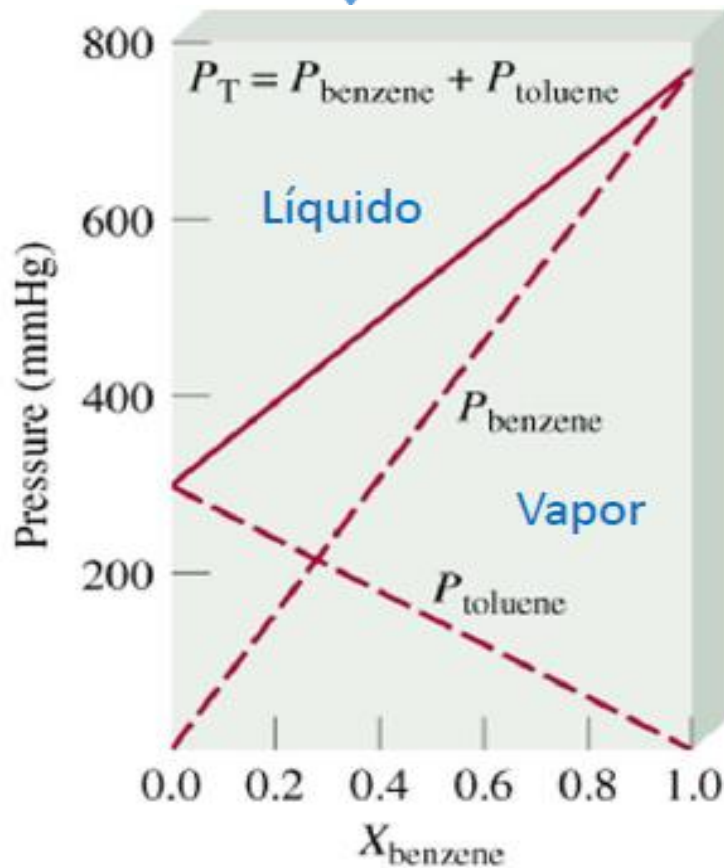
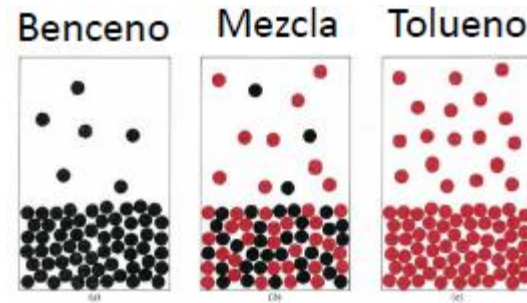
Fracción molar  
de i en la  
disolución líquida

*La presión parcial de un solvente en una solución ( $P_1$ ) esta dada por la presión de vapor del solvente puro ( $P_1^0$ ) multiplicado por la fracción molar del solvente en la disolución ( $X_1$ ):*



# Disoluciones líquido-líquido – Ley de Raoult

Mezcla benceno-tolueno al 50%:  
disolución ideal



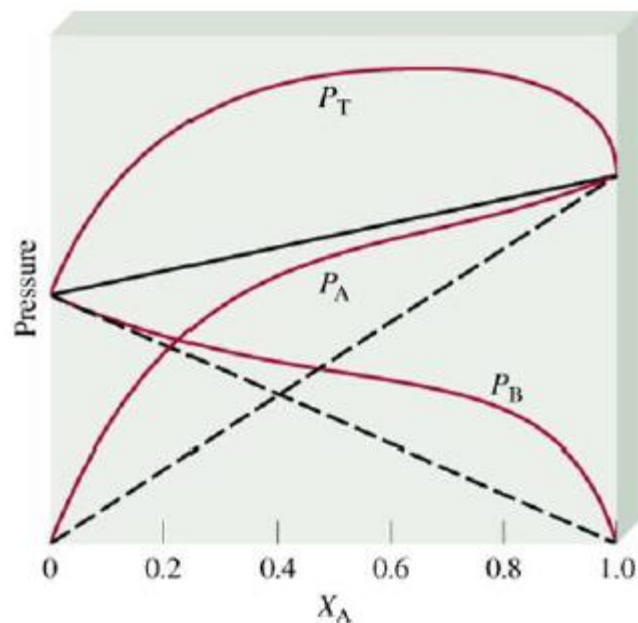
$$P_A = \chi_A \times P_A^\circ$$

$$P_B = \chi_B \times P_B^\circ$$

$$P_T = P_A + P_B$$

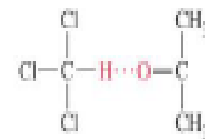
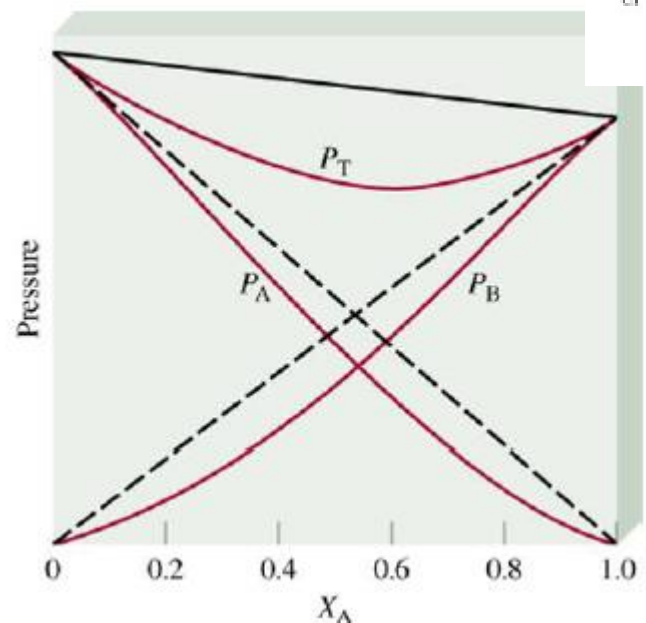
$$P_T = \chi_A \times P_A^\circ + \chi_B \times P_B^\circ$$

# Desviaciones positivas y negativas de la ley de Raoult



Cuando las fuerzas intermoleculares entre los componentes son más débiles que las presentes en los componentes puros por separado, cada componente está menos retenido en la mezcla, por lo que su presión de vapor en la mezcla es mayor, observándose una **desviación positiva** de la ley de Raoult.

Ej: sulfuro de carbono y acetona

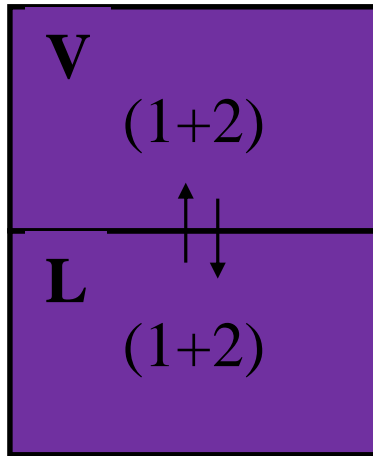


Cuando las fuerzas intermoleculares entre los componentes son más fuertes que las presentes en los componentes puros por separado, cada componente está más retenido en la mezcla, por lo que su presión de vapor en la mezcla es menor, observándose una **desviación negativa** de la ley de Raoult.

Ej: cloroformo y acetona



# Equilibrio líquido-vapor en disoluciones ideales



$$P_T = P_A + P_B$$

Si ambos componentes de una disolución son volátiles

En la fase líquida: Ley de Raoult:

$$P_A = X_A P_A^\circ$$

$X$  : Fase líquida

$$P_B = X_B P_B^\circ$$

En el vapor de acuerdo a la Ley de Dalton:

$$P_A = Y_A P_T$$

$$P_B = Y_B P_T$$

$Y$  : Fase Vapor

En el equilibrio:  $(P)_{\text{líquida}} = (P)_{\text{vapor}}$

$P_T$  : Presión de la solución ideal

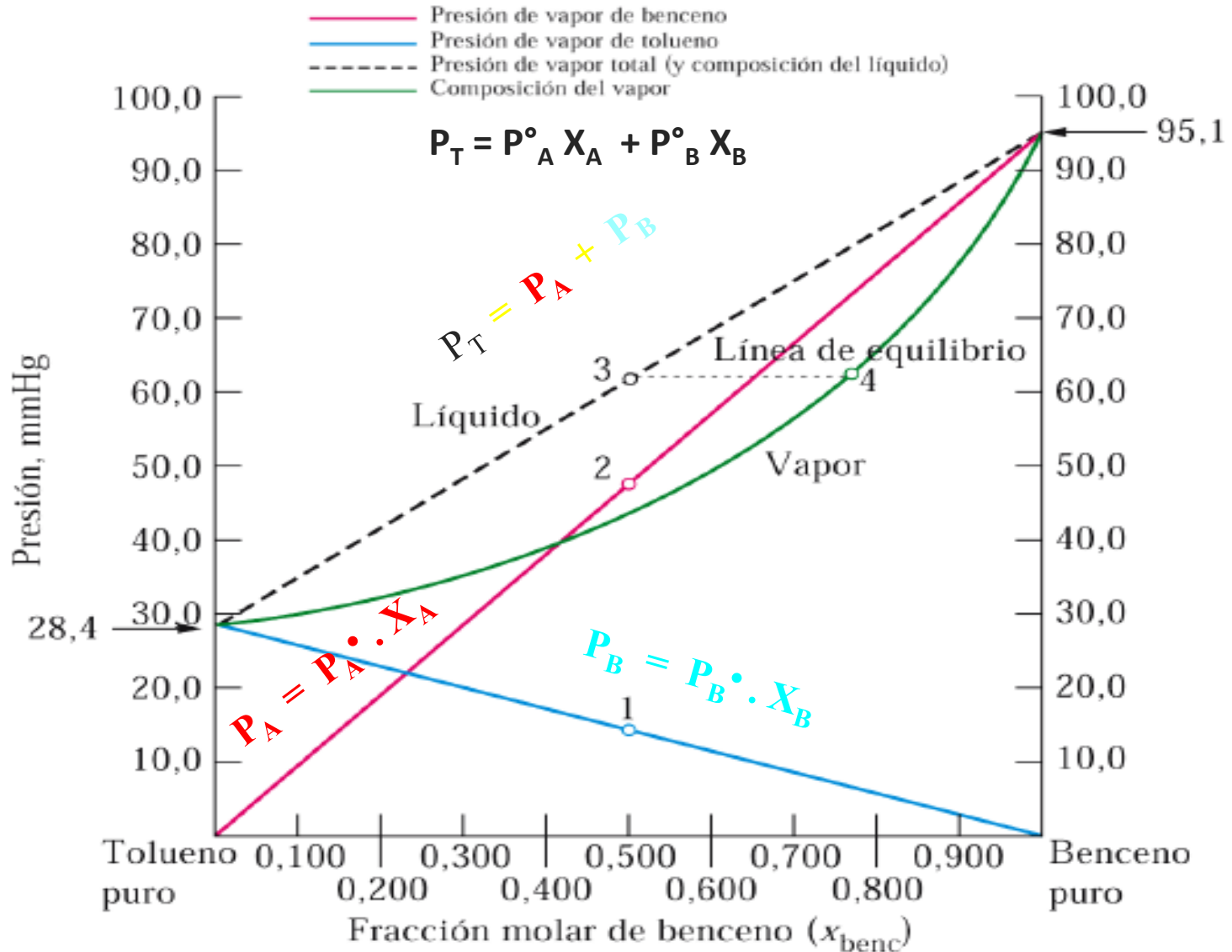
$P_A^\circ$  y  $P_B^\circ$  : Presiones de vapor de A y B puros

$P_A$  y  $P_B$  : Presiones parciales de A y B

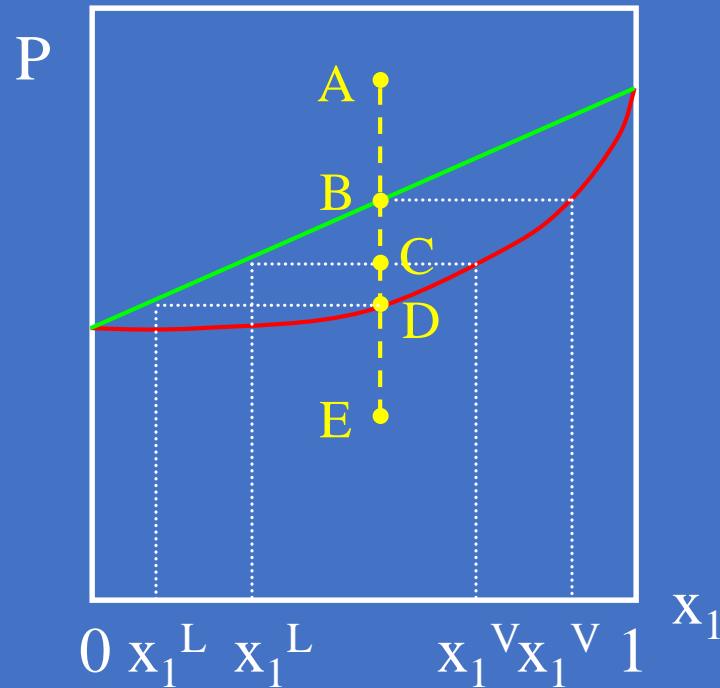
$X_A$ ,  $X_B$ ,  $Y_A$ ,  $Y_B$  : Fracciones molares

# Equilibrio líquido-vapor en disoluciones ideales

$$P_i \propto X_i$$



# Equilibrio líquido-vapor en disoluciones ideales



Disminuimos  $P$  a  $T$  cte de **A** hasta **E**

**A**: disolución líquida

**B**: empieza a producirse vapor

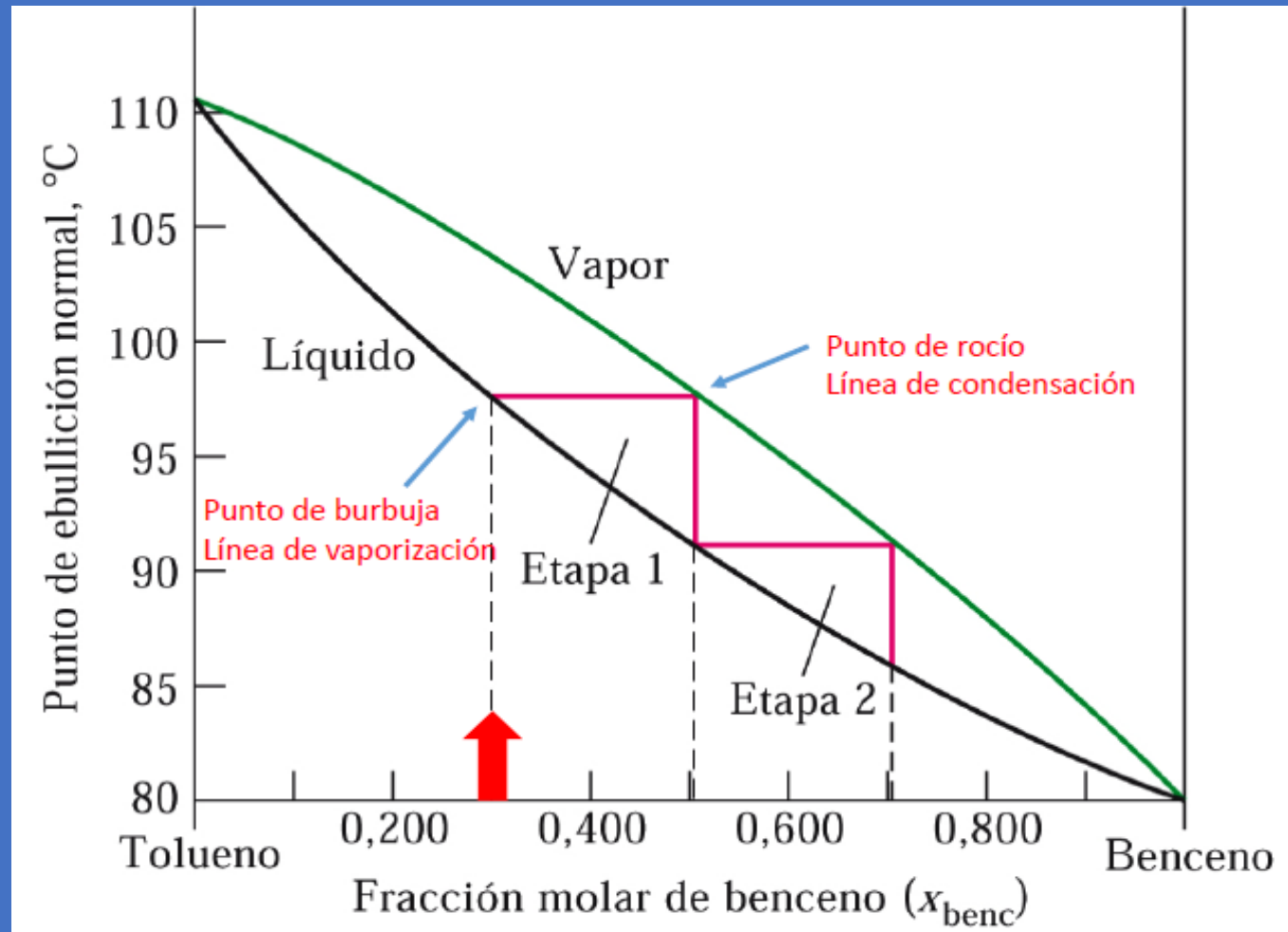
**C**: líq + vapor en equilibrio

**D**: Se evapora la última gota de líquido

**E**: Todo vapor

# Equilibrio líquido-vapor en disoluciones ideales

Representamos la temperatura de ebullición de la disolución en función de la fracción molar.

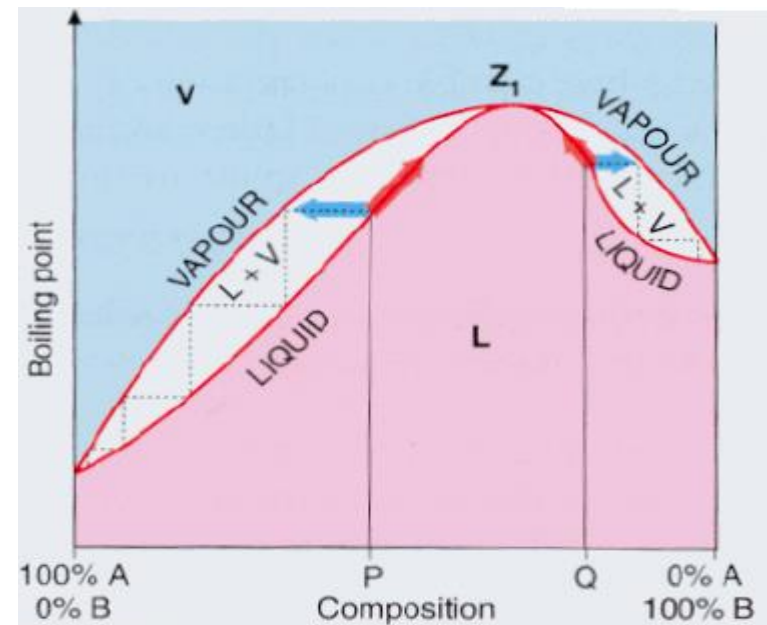
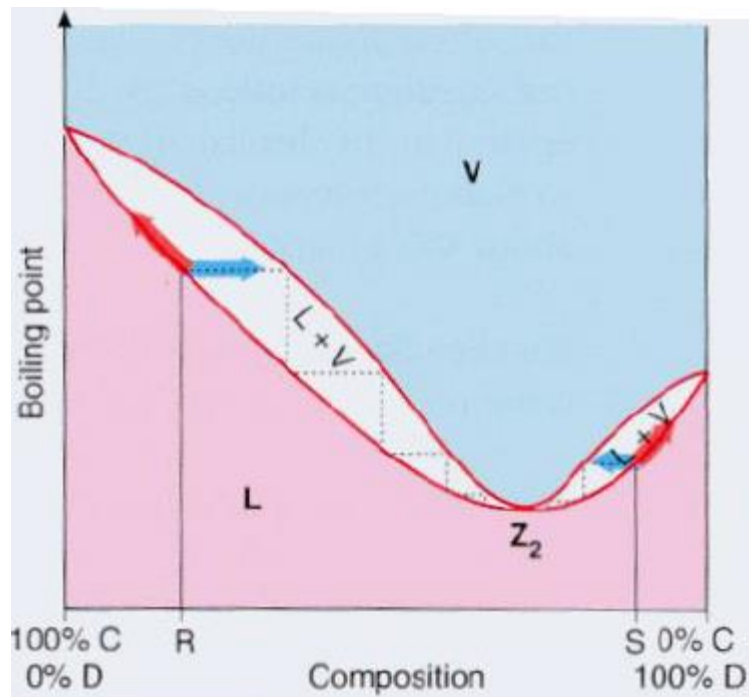


**Diagrama T-x**  
(a P cte)

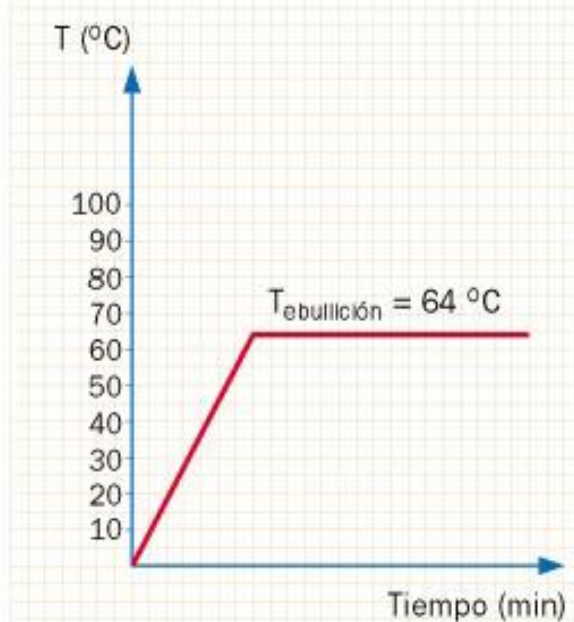
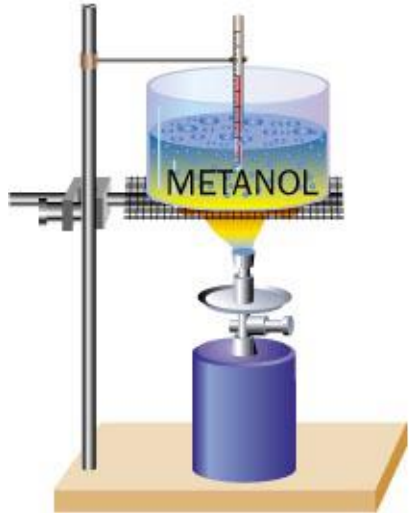
# Equilibrio líquido-vapor en disoluciones no ideales:

## Azeótropos

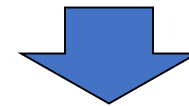
Un azeótropo (o mezcla azeotrópica) es una mezcla líquida de dos o más compuestos químicos que se comporta como si estuviese formada por un solo componente al presentar la misma composición en el líquido y en el vapor en equilibrio por lo que no es posible modificar su composición por etapas sucesivas de evaporación y condensación (destilación fraccionada).



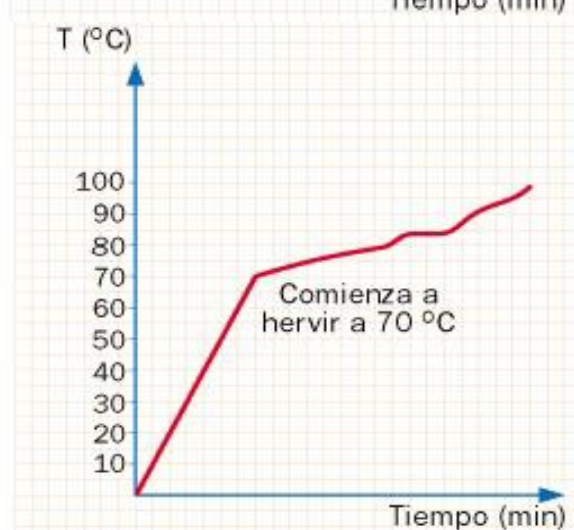
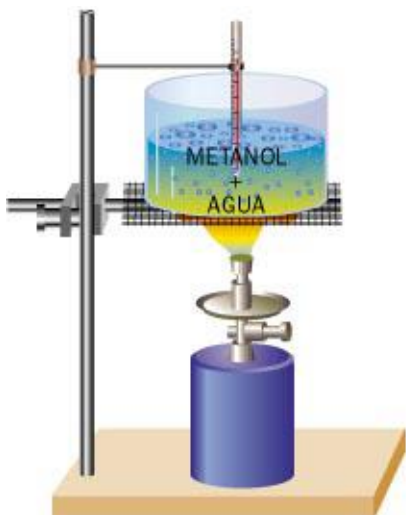
La temperatura de ebullición es una propiedad característica de las sustancias puras.



La temperatura se mantiene constante durante el proceso de ebullición



SUSTANCIA PURA



La temperatura aumenta gradualmente durante la ebullición



MEZCLA HOMOGÉNEA

# DESTILACION

La destilación es un proceso de separación que consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla.

Objetivos principales:

A. Separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades (diferencia en punto de ebullición), obteniendo el componente más volátil en forma pura.

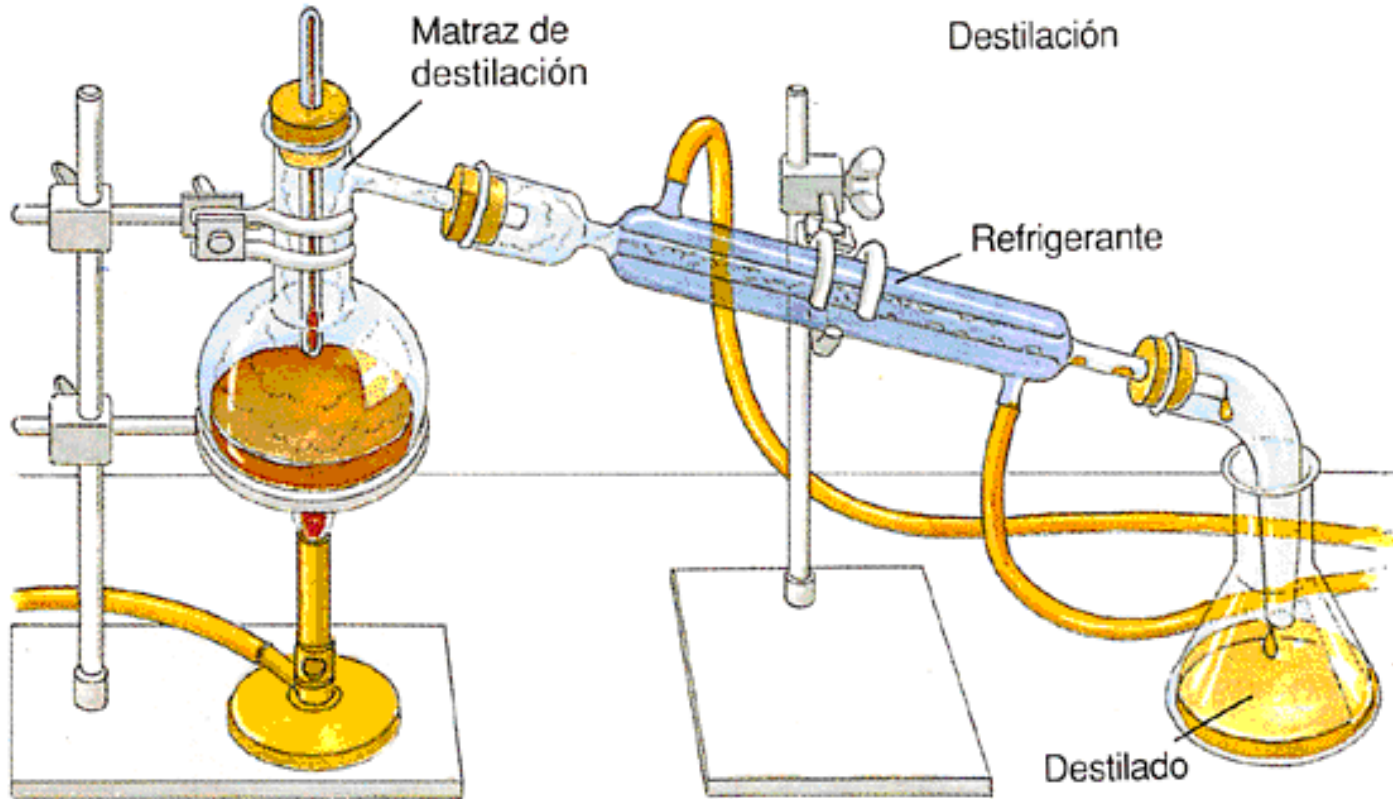
Por ejemplo, la eliminación del agua de la glicerina.

B. Separar los materiales volátiles de los no volátiles



# DESTILACIÓN SIMPLE

Para separar líquidos **miscibles** o un sólido disuelto en líquido.



Consiste en llevar una mezcla líquida a ebullición en un matraz de destilación. El vapor que se desprende al inicio está compuesto principalmente por el líquido de menor temperatura de ebullición. Este vapor se hace pasar por un refrigerante o condensador y se colecta en un recipiente. **PUNTO DE EBULLICIÓN!!!**



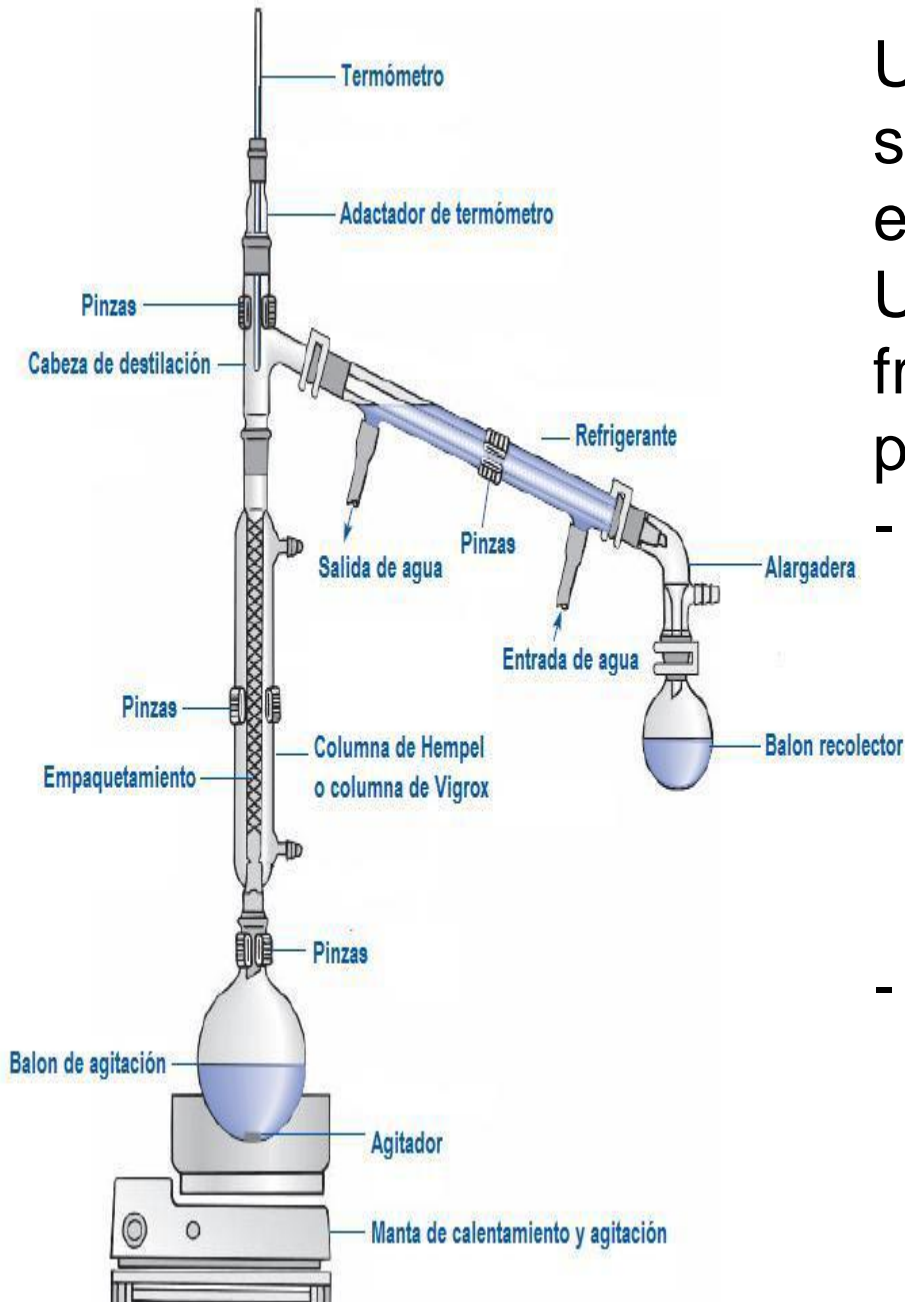
# DESTILACIÓN FRACCIONADA.

Usada principalmente para separar líquidos con punto de ebullición cercanos.

Utiliza una columna de fraccionamiento, lo que permite:

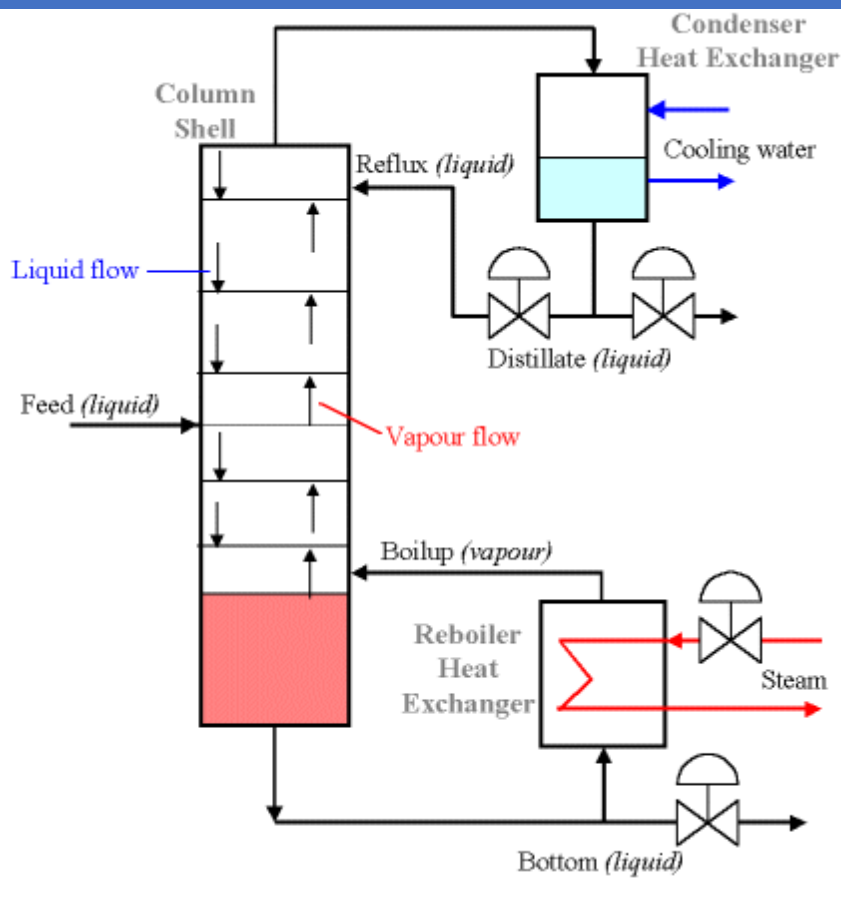
- Un mayor contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, utilizando diferentes "platos".

- Facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos (que reciben).



# DESTILACIÓN FRACCIONADA

Se construye una columna de destilación donde se producen un gran número de condensaciones y revaporizaciones sucesivas.



## Destilado

(vapor condensado, rico en componente más volátil)

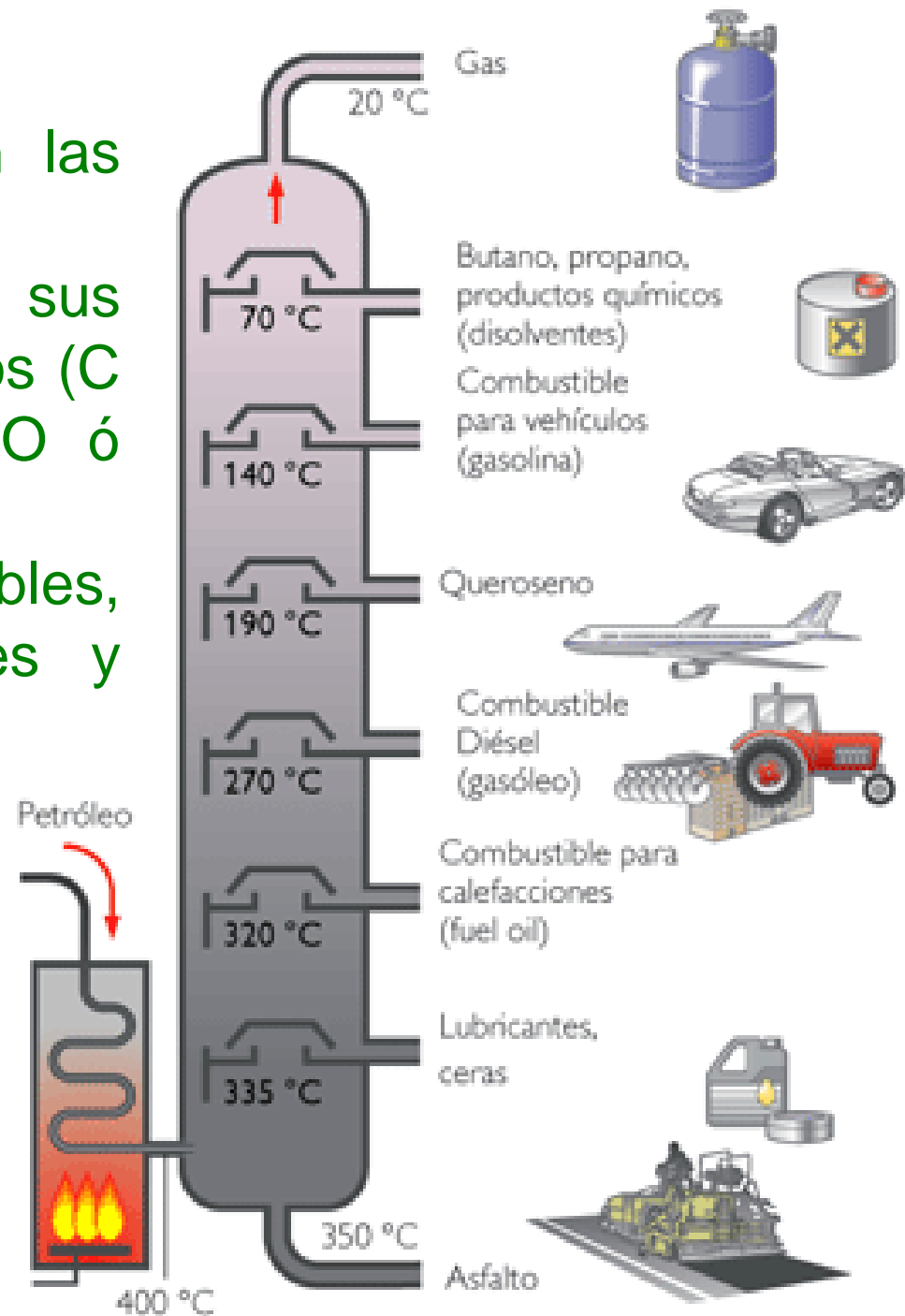
## Residuo

(líquido residual, rico en componente menos volátil)



# PETROLEO

- Mezcla en la que coexisten las fases sólida, líquida y gaseosa.
- La mayor parte de sus componentes son hidrocarburos (C e H) pero contienen N, S, O ó metales.
- Se obtienen combustibles, lubricantes, ceras, disolventes y derivados petroquímicos.



<http://www.youtube.com/watch?v=2Nv4Cq91fPI&feature=relmfu>

<http://www.youtube.com/watch?v=oS-0OUHg-k0&feature=related>

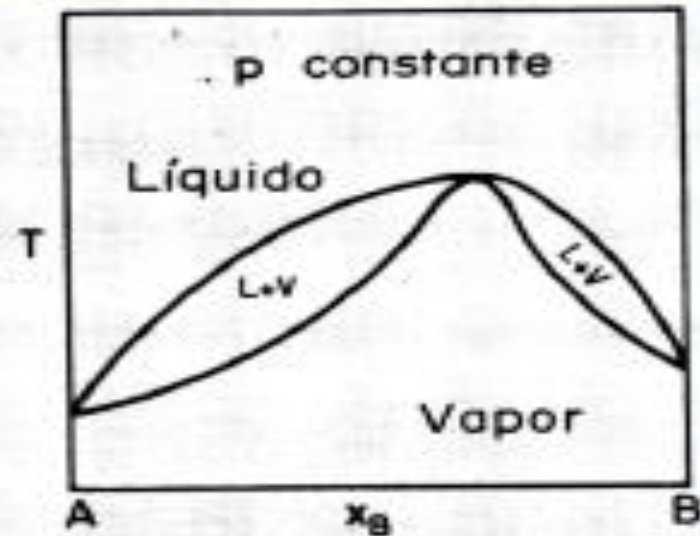
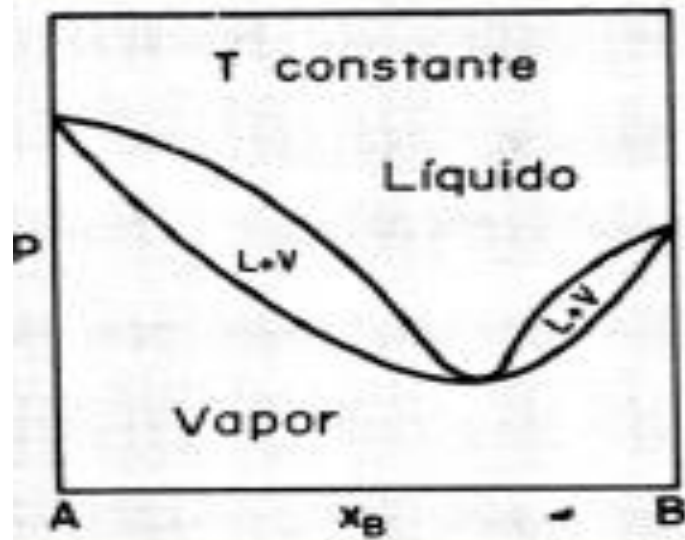
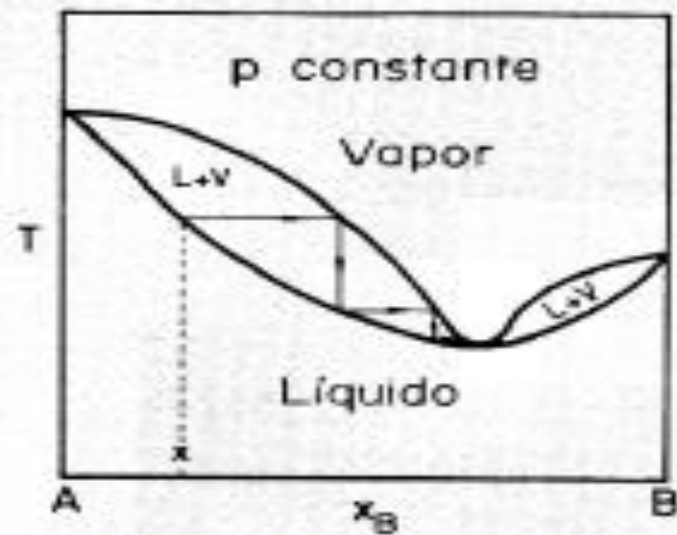
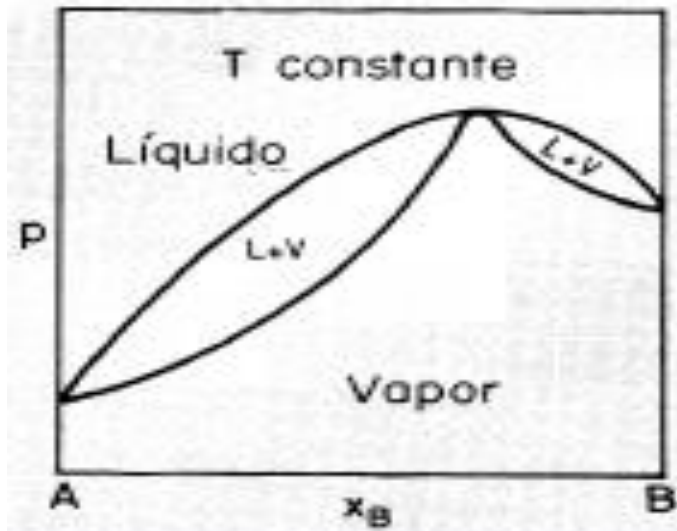
<http://www.youtube.com/watch?v=8RHToUaBfw4&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=oS-0OUHg-k0&feature=related>

# Unidad de Cracking Catalítico



# DIAGRAMAS DE PUNTO DE EBULLICION



# LÍQUIDOS MISCIBLES E INMISIBLES:

- Los líquidos miscibles son aquellos que se disuelven en cualquier proporción; aquellos que se disuelven en mediana proporción se los denomina "parcialmente miscibles". Los inmiscibles o no miscibles son aquellos líquidos que no se disuelven.
- Los líquidos miscibles son los que poseen fuerzas intermoleculares del mismo tipo, y, además, sus moléculas son de polaridad semejante; así, el agua es totalmente miscible con el alcohol o con la acetona, parcialmente miscible con el éter o con el fenol y es inmiscible con el benceno y con los hidrocarburos en general

# LÍQUIDOS INMISCIBLES:

Un líquido inmiscible es incapaz de ser mezclado sin la separación de fases.

El aceite de petróleo y el agua son inmiscibles en el mayor número de condiciones, aunque se pueden convertir en miscibles añadiéndole un agente emulsivo.

1- aceite y leche; 2- glicerina y agua; 3- gasolina y agua; 4- aceite y alcohol

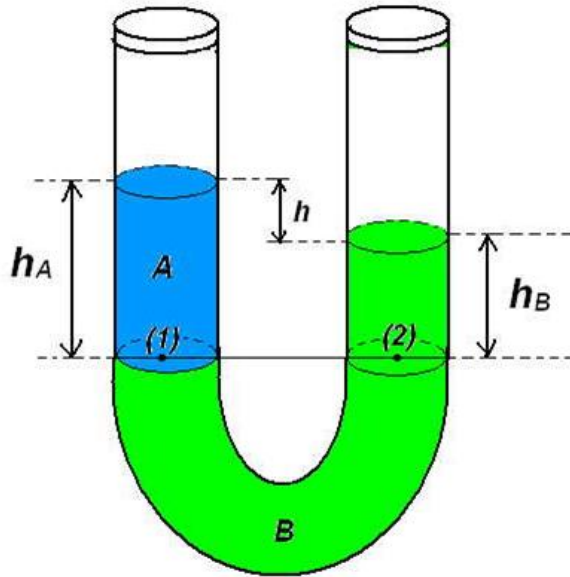


**Figura 2.** Vaso que contiene agua y aceite, que son sustancias inmiscibles.

Cuando dos líquidos inmiscibles se colocan en el mismo recipiente el más denso se va al fondo y el menos denso queda arriba.

# LÍQUIDOS NO MISCIBLES

- Si se emplean dos líquidos de diferentes densidades y no miscibles, entonces las alturas serán inversamente proporcionales a las respectivas densidades.
- En efecto, si  $P_A = P_B$ , se tendrá:



$$P_A = \rho_A \cdot g \cdot h_A$$

$$P_B = \rho_B \cdot g \cdot h_B$$

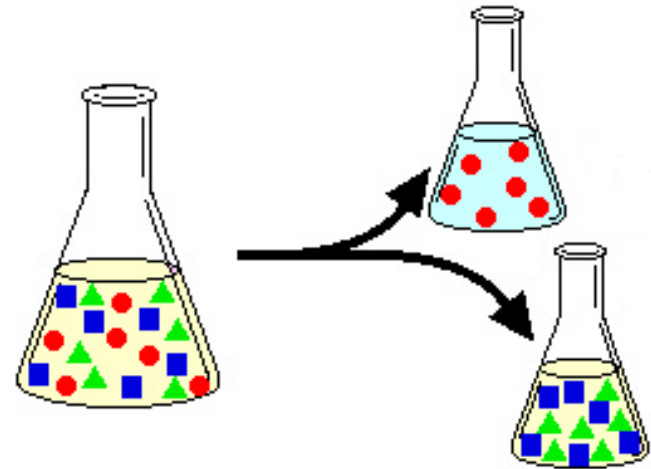
$$h_A \cdot \rho_A = h_B \cdot \rho_B$$



# LEY DE DISTRIBUCIÓN O DE REPARTO

Si se añade un soluto a un sistema formado por dos líquidos no miscibles, a una cierta temperatura, el soluto se disuelve en ambos líquidos y cuando se alcanza el equilibrio permanece constante la relación de las concentraciones del soluto en ambos disolventes

$$K = C_A / C_B$$



La ley de reparto tiene mucha aplicación en la industria en las operaciones de extracción.

# EXTRACCIÓN

- La extracción es un proceso de reparto basado en la distribución selectiva de una sustancia entre dos fases inmiscibles; Si las dos fases son líquidas, tenemos la extracción líquido-líquido.
- Entre los procesos comerciales de extracción, de gran importancia hoy día, se encuentra la extracción de los aceites de pescado y de semillas vegetales, así como la de muchos metales de sus minerales.

**El agua no es miscible en algunos líquidos como el aceite o en algunos disolventes orgánicos, como el cloroformo. Por lo que al mezclarlos siempre se separan en 2 fases.**



# PREGUNTAS



GRACIAS POR SU  
ATENCIÓN