



# Estados de agregación

QUÍMICA APLICADA. TEMA 4

Ingeniería Técnica Naval



I. Estados de agregación .....	2
II. Cambios de estado .....	6
III. Estado sólido .....	8
IV. Estado líquido .....	12
V. Estado gaseoso .....	18
VI. Diagramas de fases .....	20
VII. Estados de agregación del agua	26

**Materia** conjunto de partículas que se disponen en formas diferentes que, para una sustancia concreta, se transforman en unas y otras en función de la T y la P.

**Estado de la materia** cada una de las formas en que se organizan las partículas según P y T.

Fundamentalmente son 4:

- Sólido.
- Líquido.
- Gaseoso.
- Plasma.

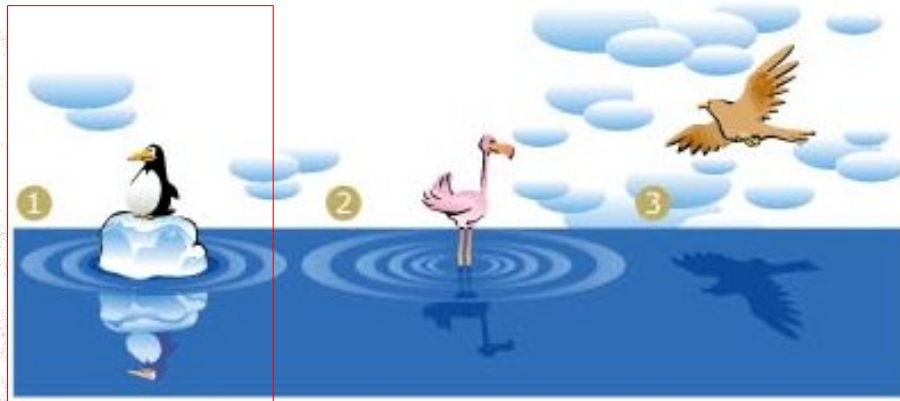




# Estado sólido



- Poseen forma y volumen definidos.
- Son rígidos.
- Presentan dureza.
- Resultan prácticamente incompresibles.
- Partículas ordenadas geoméricamente de modo periódico (redes).





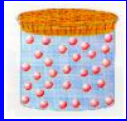


# Estado líquido



- Forma variable y volumen definidos.
- Pueden fluir.
- Las partículas constituyentes pueden desplazarse.
- Prácticamente incompresibles
- Distancia entre partículas similar a los sólidos
- Densidades a T definida de S y L muy próximas





# Estado gaseoso

- Expansibles.
- Sin forma propia.
- Fácilmente comprensibles.
- Sin volumen propio.

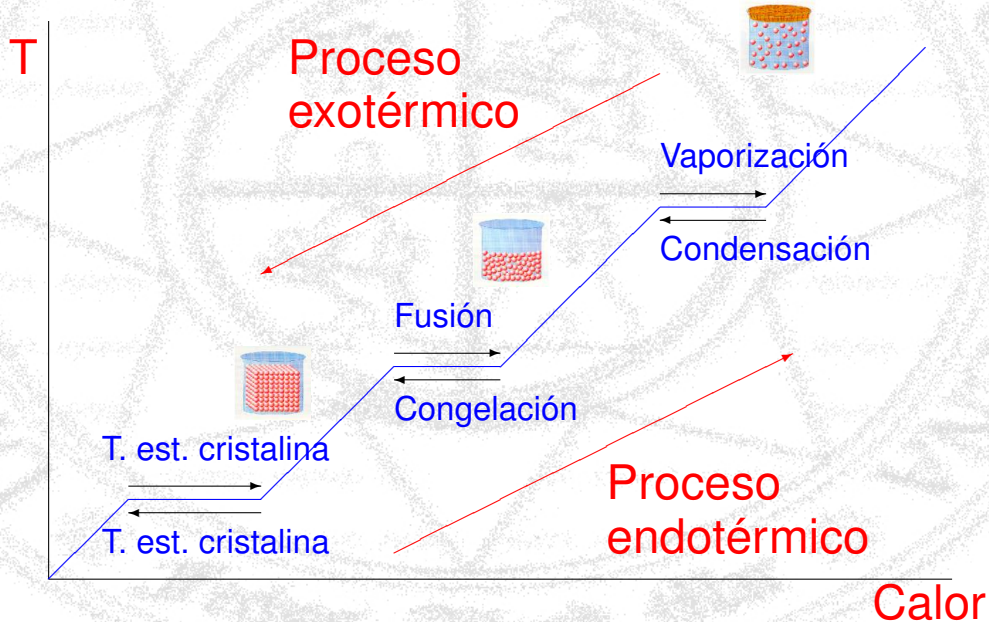




# Cambios de estado y temperatura



Curva de calentamiento cualitativa para los cambios de estado a presión constante de una sustancia cuya presión del punto crítico es inferior a dicha presión.





# Calor de cambio de estado



**Cambio de estado o de fase:** la energía que se aporta al sistema en forma de calor es empleada por las moléculas para romper las interacciones moleculares entre ellas y no para que aumente su energía cinética y con ello T.

**Calor latente**  $\Rightarrow$  1 gramo de sustancia

**Calor molar**  $\Rightarrow$  1 mol de sustancia

$$Q = c_p m \Delta T$$

$c_p$  capacidad calorífica J/g K

$$Q = \bar{c}_p n \Delta T$$

$\bar{c}_p$  capacidad calorífica molar J/mol K







# Tipos de sólidos

**Cristalinos** sólidos cuyos átomos, iones o moléculas están ordenados en disposiciones bien definidas. Suelen ser sólidos con superficies/caras planas que forman ángulos bien definidos entre sí.

**Amorfos** sólidos con partículas sin estructura ordenada. Carecen de formas y caras bien definidas. Muchos son mezclas de moléculas que no se pueden apilar bien. Otros se componen de moléculas grandes y complejas. Ejemplo: hule y vidrio.







# Tipos de sólidos

## ESTADOS DE AGREGACIÓN

### III. Estado sólido



	<b>Iónicos</b>	<b>Covalentes</b>	<b>Metálicos</b>	<b>Moleculares</b>
<b>Enlace</b>	Iónico	Covalente	Metálico	van der Waals
<b>Nudos de la red</b>	Aniones o cationes	Moléculas o átomos	Iones positivos	Moléculas
<b>Dureza</b>	Moderada -alta	Muy duros	Pequeña -moderada	Blandos
<b>Propiedades mecánicas</b>	Frágiles	Frágiles	Dúctiles, maleab. tenaces, séctiles, alta plasticidad.	Algo plásticos
<b>Conductividad eléctrica</b>	No en estado sólido. Sí fundidos y en disolución (transporte iónico).	No conducen corriente eléctrica. Aislantes en estado sólido y líquido.	Conducen muy bien la corriente eléctrica (transporte electrónico).	No conducen la corriente eléctrica. Aislantes en estado sólido y líquido.
<b>Punto de fusión</b>	Moderado alto, según la carga y la distancia interiónica.	Alto. Átomos y moléculas en fusión.	Variable. Átomos en fusión.	Bajo. Moléculas cristalinas líquidas en fusión.
<b>Solubilidad</b>	Solubles en líquidos polares.	Insolubles en disolventes polares y no polares.	Insolubles, excp. en otros metales. Reacción con ácidos y álcalis.	Solubles en líquidos no polares.
<b>Ejemplos</b>	NaCl, K <sub>2</sub> S <sub>4</sub> , CaCO <sub>3</sub> , Ca <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	C (diam.), BN, SiC, C (grafito)	Ag, Fe, Bronce, mayoría	Ar, Br <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , C (grafito),

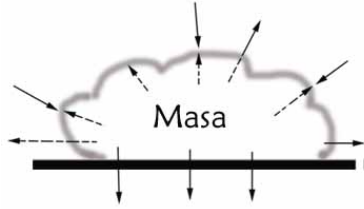


# Presión de vapor de los sólidos

ESTADOS DE AGREGACIÓN

III. Estado sólido

10



Presión que ejercen en un recinto cerrado las partículas de vapor en equilibrio con el sólido.

- Valor determinado para cada sustancia a una  $T$  definida.
- $P$  aumenta al aumentar la  $T$ .
- $P$  no depende de la cantidad de sólido en equilibrio con el vapor, siempre que exista exceso de sólido.
- A  $T$  ambiente,  $P_v$  de la mayoría de sólidos es despreciable, pero no nula.
- Si  $P_v$  es suficientemente alta (yodo, naftaleno) puede medirse directamente con un manómetro o midiendo la pérdida de peso en vacío.



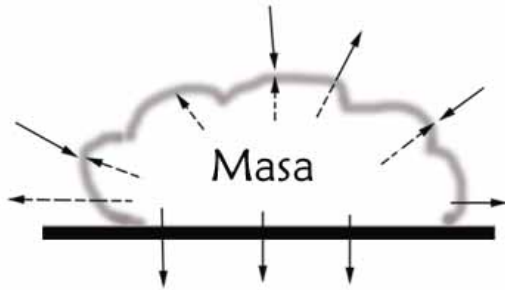
# Ejemplo presión de vapor de los sólidos

ESTADOS DE AGREGACIÓN

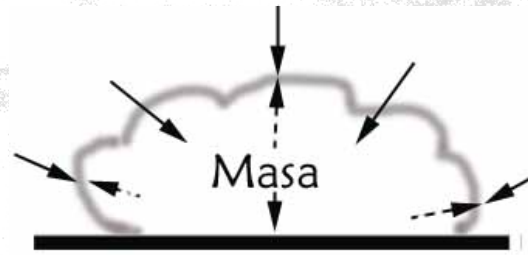
III. Estado sólido

11

Higrometría del pan:



$P_v$  parcial de la atmósfera  $<$   
 $P_v$  de la masa,  
resecamiento de la corteza



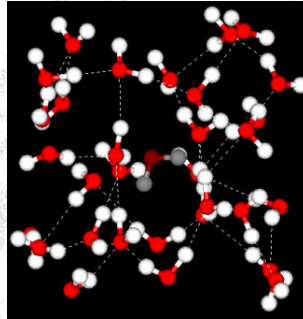
$P_v$  parcial de la atmósfera  $>$   
 $P_v$  de la masa,  
riesgo de distensión





# Características y propiedades

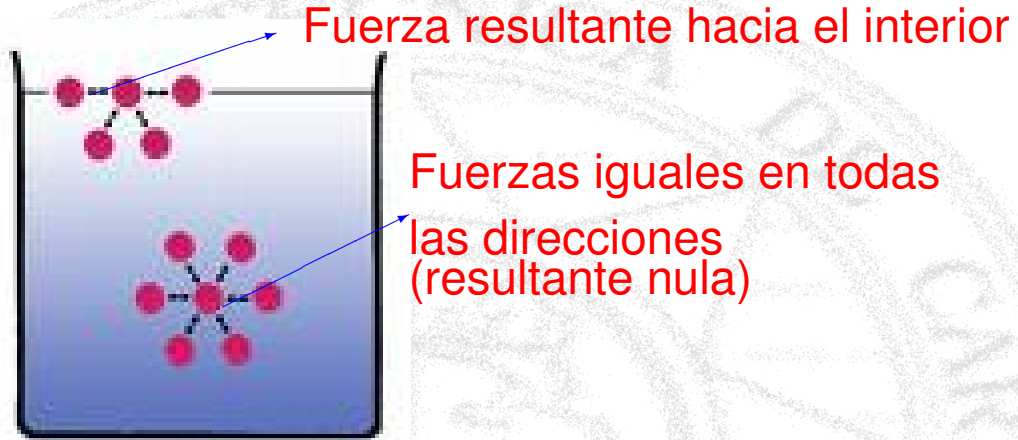
- Cierta estructura interna (Rayos X)



- Cierta regularidad u ordenación periódica (pequeños dominios)
- Dos propiedades características:
  - Tensión superficial.
  - Viscosidad.



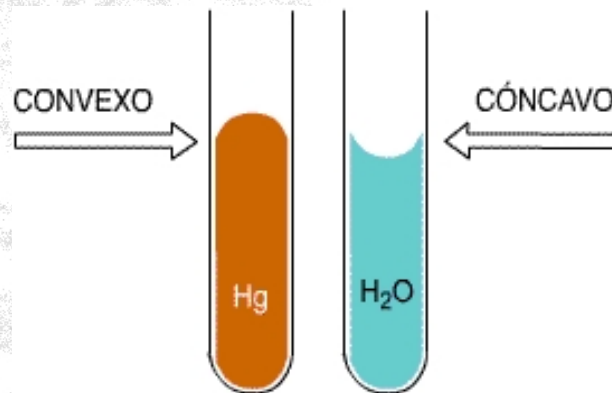
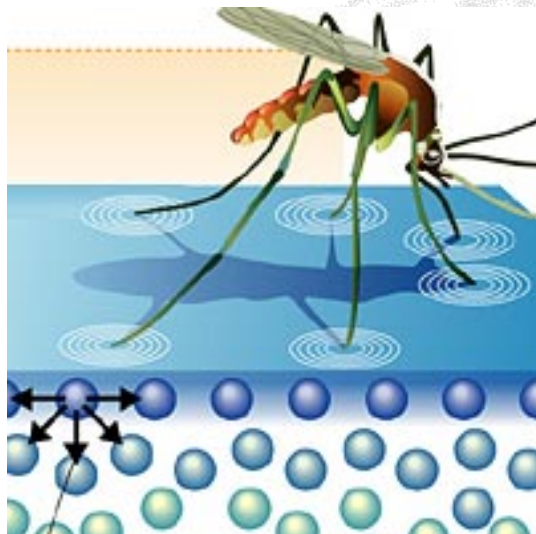
# Tensión superficial



- Tendencia a mostrar una superficie mínima.
- Se comporta como una membrana sobre la que es preciso desarrollar un  $W$  para aumentar el valor de la superficie.
- **TS**  $\Rightarrow$  Energía requerida para aumentar el área Superficial de un líquidos por unidad de área (agua a  $20^{\circ}\text{C}$   $7.29 \cdot 10^{-2} \text{ J/m}^2$ )



# Ejemplos tensión superficial

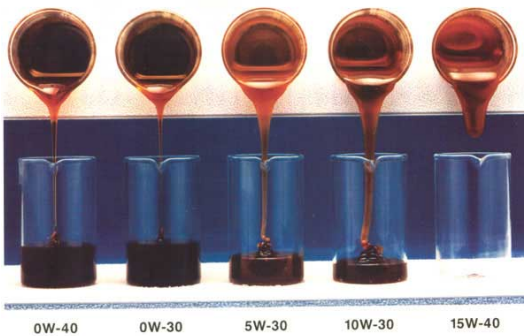


TS(agua) a 20°C  $7.29 \cdot 10^{-2} \text{ J/m}^2$

TS(Hg) a 20°C  $48.4 \cdot 10^{-2} \text{ J/m}^2$

**Menisco:** Si las fuerzas adhesivas son mayores que las fuerzas cohesivas, el menisco tiende a ser cóncavo. Cuando las fuerzas cohesivas son superiores a las adhesivas, el menisco es convexo.



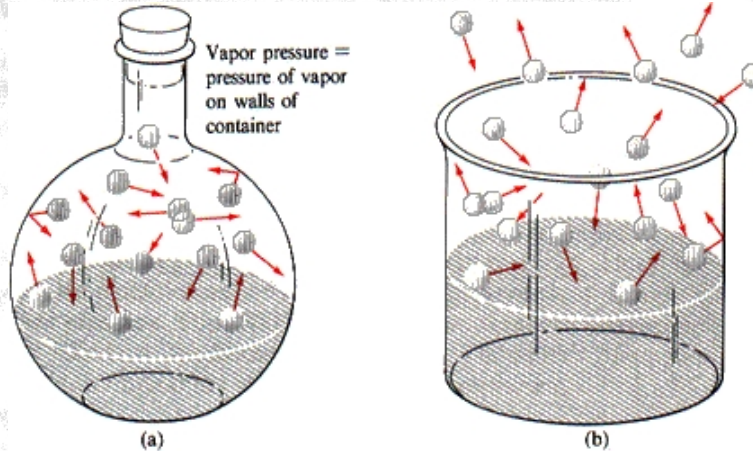


Resistencia que presenta un líquido al desplazamiento en su seno de alguna porción del mismo.

- Es una medida de la **resistencia a fluir** que presentan los líquidos reales.
- Depende de las **fuerzas de atracción entre moléculas** y de las características estructurales.
- Disminuye al aumentar **temperatura**.



# Presión de vapor



Presión que a determinada  $T$  ejerce un vapor en equilibrio con el líquido.

Es independiente de la masa de líquido en equilibrio con el vapor

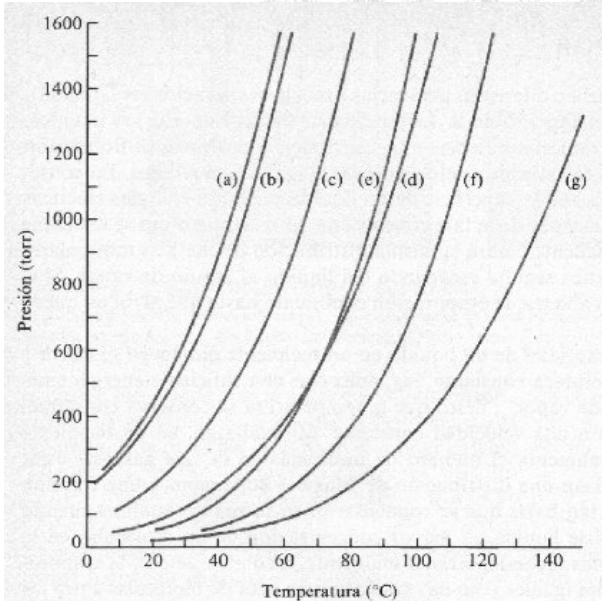


# Variación presión de vapor con temperatura

ESTADOS DE AGREGACIÓN

IV. Estado líquido

17



Ecuación de  
Clausius-Clayperon:

$$\frac{d \ln P}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2}$$

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

a)éter dietílico, b)bromuro de etilo, c)acetona,  
d)benceno, e)alcohol etílico, f)agua, g)octano

Profesores: Beatriz Miguel Hernández y Gerardo León Albert. UPCT





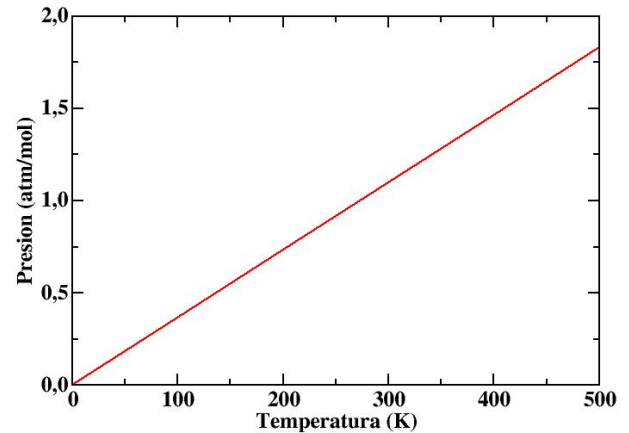
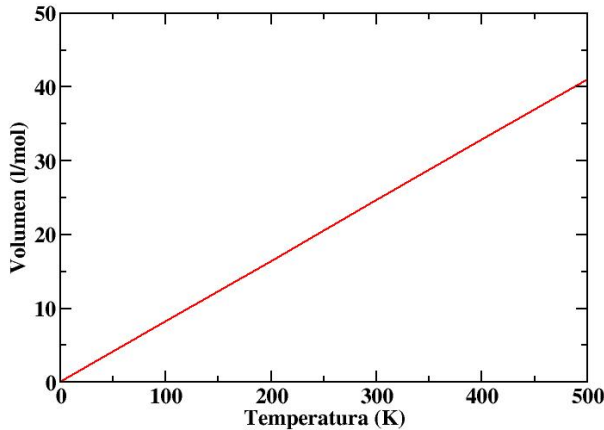
# Ecuación de estado de los gases ideales

ESTADOS DE AGREGACIÓN

V. Estado gaseoso

18

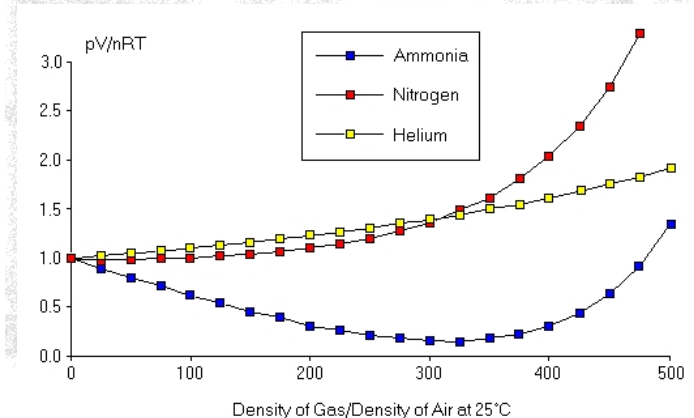
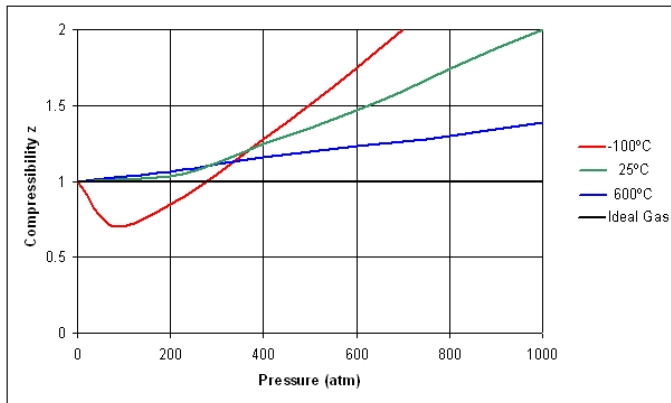
$$PV = nRT \quad R = 0,082 \text{ atm l/K mol}$$





# Ecuación de estado de los gases reales

Gases reales, a bajas presiones  $\implies$  gases ideales  
Gases reales, a altas temperaturas  $\implies$  gases ideales





# Regla de las fases

$$F+L=C+2$$

## Fase

porción de un sistema homogénea física y químicamente, separada de las demás por superficies físicas (interfases). Debe de ser separable mecánicamente del resto del sistema.

## Componente

el menor número de especies químicas diferentes e independientemente variables mediante el que puede expresarse, a través de una ecuación química, la composición de cada una de las fases del sistema.

## Grados de libertad

menor número de variables intensivas cuyo valor es necesario fijar para que queden determinados los valores del resto de propiedades intensivas.





# Ejemplos de regla de las fases

He encerrado en un tanque	$F=1$	$C=1$	$L=2$
Agua L/V en un matraz	$F=2$	$C=1$	$L=1$
Hielo/agua L/V en un matraz	$F=3$	$C=1$	$L=0$

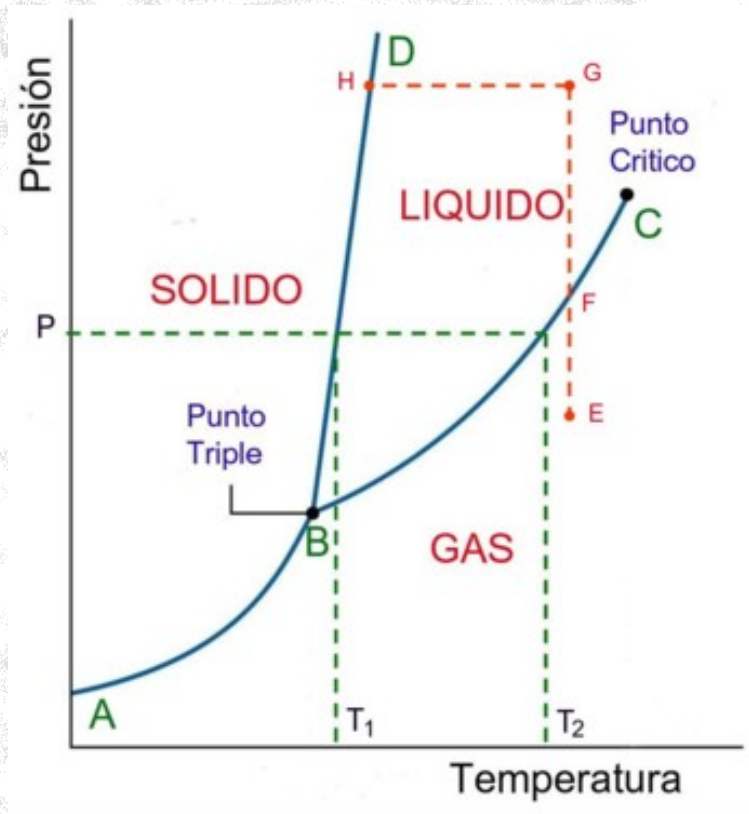


# Diagrama de fases para un sistema de 1 componente

ESTADOS DE AGREGACIÓN

VI. Diagramas de fases

22





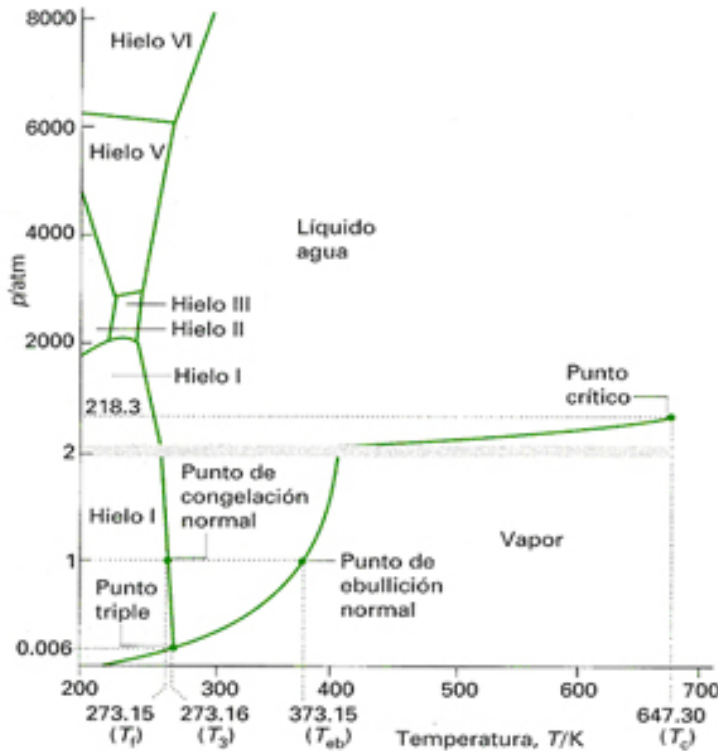
# Regla de las fases y diagrama

		F	C	L
Punto triple	S, L y G en equilibrio	3	1	0
Curva Presión vapor del S	Pares (P,T) en que S/G están en equilibrio	2	1	1
Curva Punto de Fusión	Pares (P,T) en que S/L están en equilibrio	2	1	1
Curva Presión vapor del L	Pares (P,T) en que L/G están en equilibrio	2	1	1
Resto		1	1	2
Punto crítico	A T superiores no existe el L independientemente de la P.	—	—	—





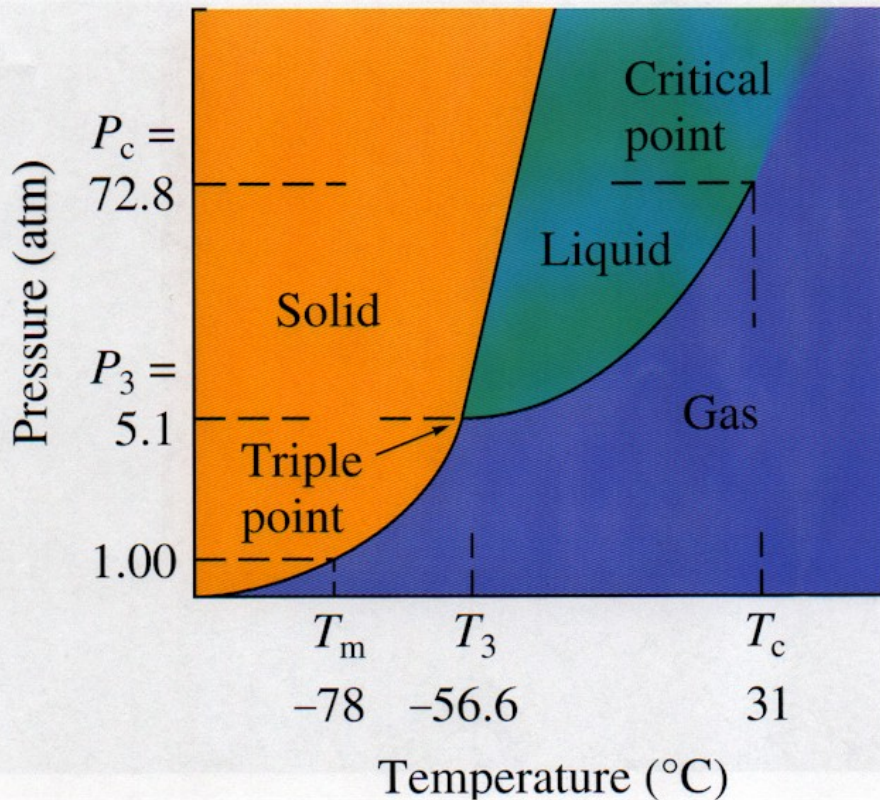
# Diagrama de fases del agua



- B ⇒ PF a 1 atm.
- C ⇒ PE a 1 atm.
- D ⇒ punto crítico.
- A ⇒ punto triple.
- Pendiente curva S/L.



# Diagrama de fases del CO<sub>2</sub>





# Propiedades químicas

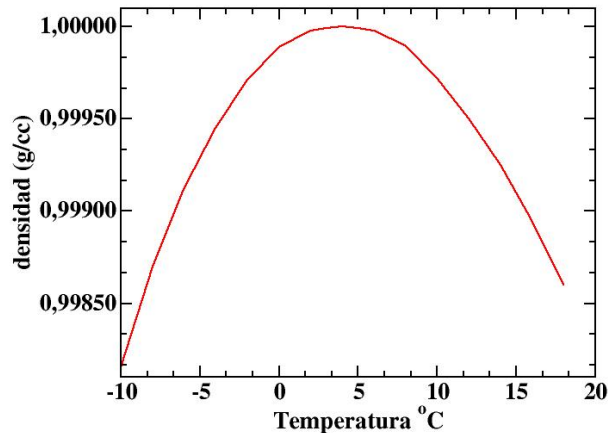
Propiedades  
anómalas  $\Rightarrow$

cte. dieléctrica superior al resto de líquidos.  
tensión superficial superior al resto de líquidos.  
viscosidad moderada

$\Delta H_{\text{vap}}$  alta

$\Delta S_{\text{vap}}$  alta

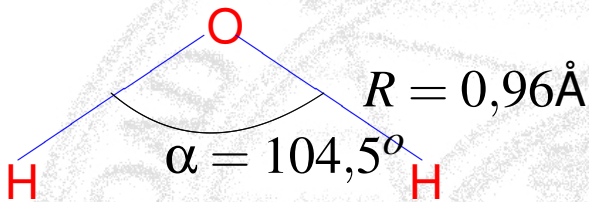
$\rho_{\text{hielo}} < \rho_{\text{liquido}} \rightarrow \rho_L^{\text{max}}(T = 4^\circ\text{C})$





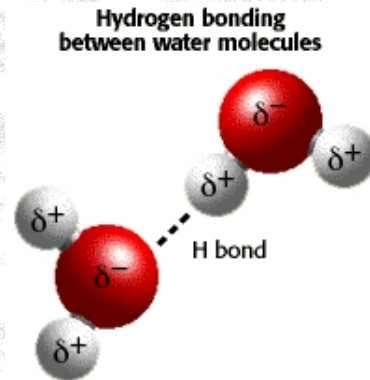


# Estructura del agua



$\chi_O - \chi_H = 1,4 \Rightarrow$  O–H enlace polar

$\mu = 0,84$  Debyes  $\Rightarrow$  alta cte. dieléctrica





# Estructura del hielo

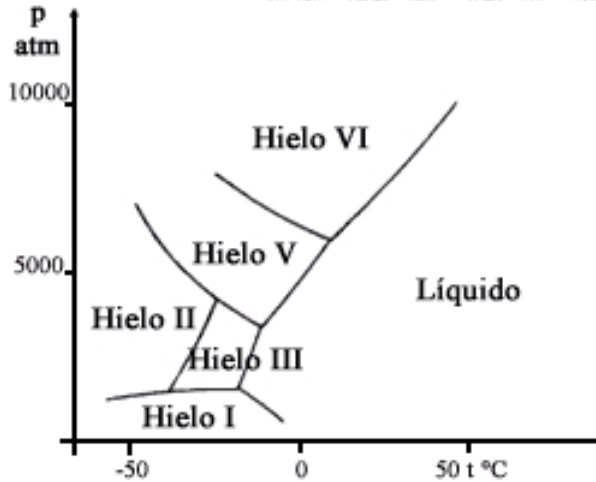


Diagrama de fases de hielo a altas presiones

## Hielo

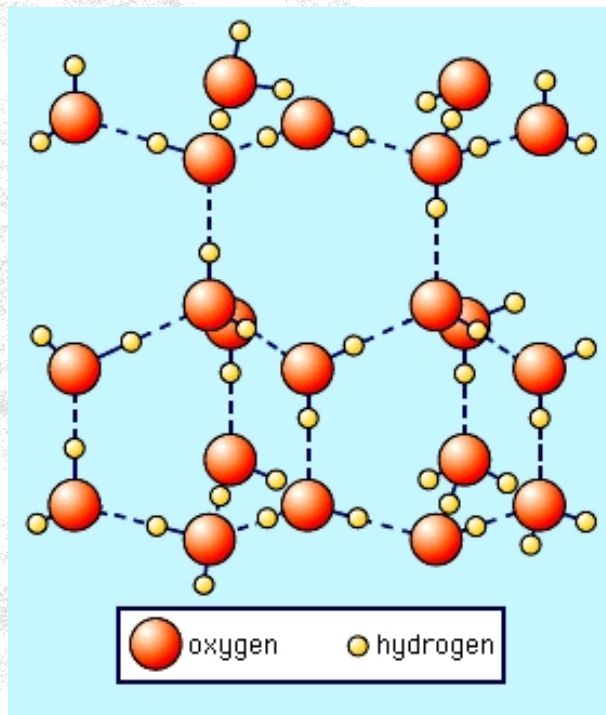
- Sustancia polimórfica.
- 9 estructuras según P y T.
- Enfriamiento de L a S a  $P=1\text{ atm}$ , hielo  $I_h$ .
- $T \simeq -130^\circ\text{C}$ , hielo  $I_c$  (cúbica)



# Estructura del hielo

## Hielo $I_h$

- 1 molécula rodeada de 4 mol. en vértices del tetraedro.
- 1 at. O  $\mapsto$  rodeado de 4 H.
- 1 at. H  $\mapsto$  rodeado de 2 O.
- $\text{H-O-H} = 109^{\circ}28'$ .
- $R(\text{O-H}) = 1.0 \text{ \AA}$ .





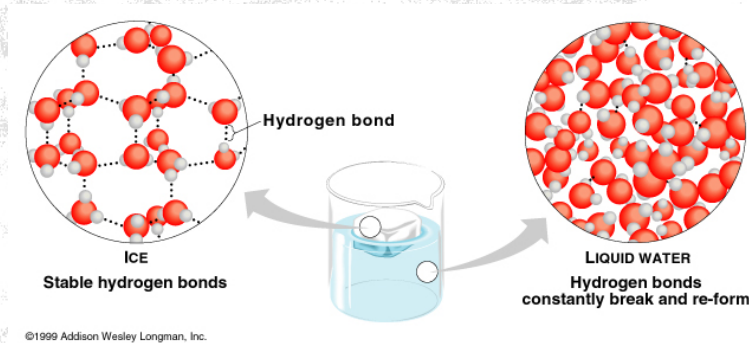


# Estructura del agua y el hielo

## ESTADOS DE AGREGACIÓN

### VII. Estados de agregación del agua

30



- En el PF  $\rho(\text{hielo } I_h) < \rho(\text{agua})$ , propiedad crucial de cara a preservar la vida acuática.
- Al fundir el hielo se rompen algunos enlaces, rellenándose las cavidades hexagonales y aumentando la  $\rho$ .
- Los enlaces de H en el L persisten, aunque en proporción decreciente con la  $T$ , hasta el PE, de ahí su elevado valor.