



**UC** | Chile

# **Termodinámica (FIS1523)**

## **Sustancias puras y sus fases**

**Felipe Isaule**  
felipe.isaule@uc.cl

Miércoles 2 de Abril de 2025

# Clase 9: Sustancias puras y sus fases

- Sustancias puras.
- Fases de la materia.
- Cambios de fase.

- Bibliografía recomendada:
  - Cengel (3.1, 3.2, 3.3).

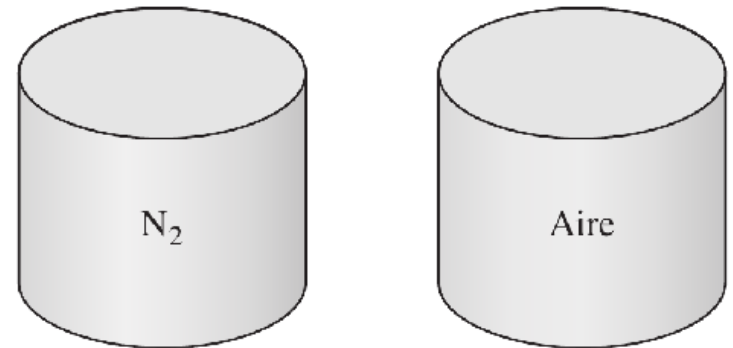
# Clase 9: Sustancias puras y sus fases

- **Sustancias puras.**
- Fases de la materia.
- Cambios de fase.

# Sustancias puras

- Una **sustancia pura** es una sustancia que tiene **composición química fija**.
  - Ejemplos: Agua, nitrógeno, helio.
- Una sustancia pura puede estar compuesta por **uno o más elementos o compuestos químicos**.
- Sin embargo, la sustancia debe ser **homogénea**.
- El **aire** usualmente se considera una **sustancia pura**, pero no siempre. En este curso se considera que sí lo es.

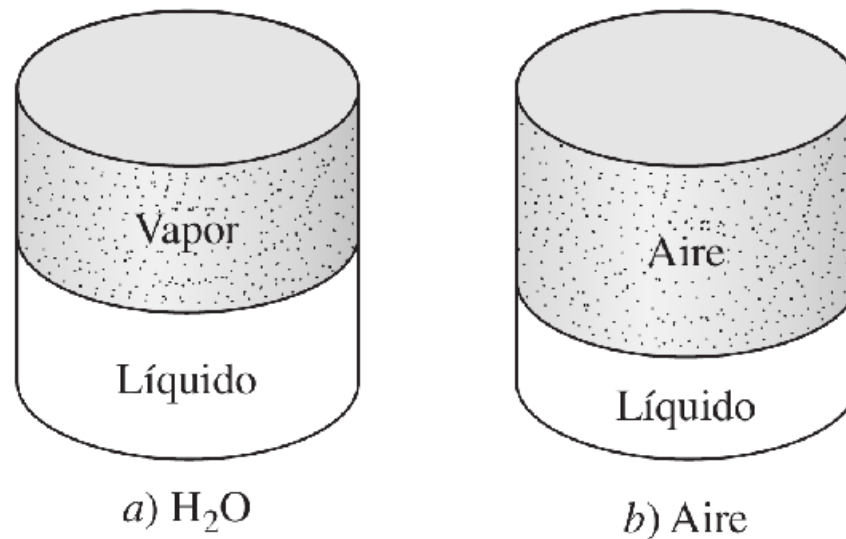
\*En estricto rigor el aire exhibe algunas características de sustancia pura.



El nitrógeno y el aire gaseoso son sustancias puras.

# Sustancias puras

- Una mezcla de dos o más fases de una sustancia pura sigue siendo una mientras la composición química se mantenga.



Una mezcla de agua líquida y gaseosa es una sustancia pura, pero una mezcla de aire líquido y gaseoso no lo es.

# Clase 9: Sustancias puras y sus fases

- Sustancias puras.
- **Fases de la materia.**
- Cambios de fase.

# Fases de una sustancia pura

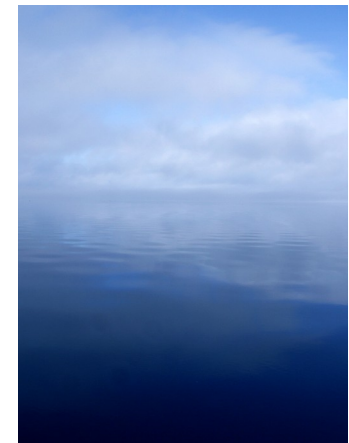
- Las **fases o estados de la materia** corresponden a las formas en que existe la materia.
- Son determinadas por el comportamiento microscópico de las partículas y sus interacciones.
- Por experiencia cotidiana, las sustancias puras pueden encontrarse principalmente en **tres fases**:
  - **Sólida.**
  - **Líquida.**
  - **Gaseosa.**



Hielo



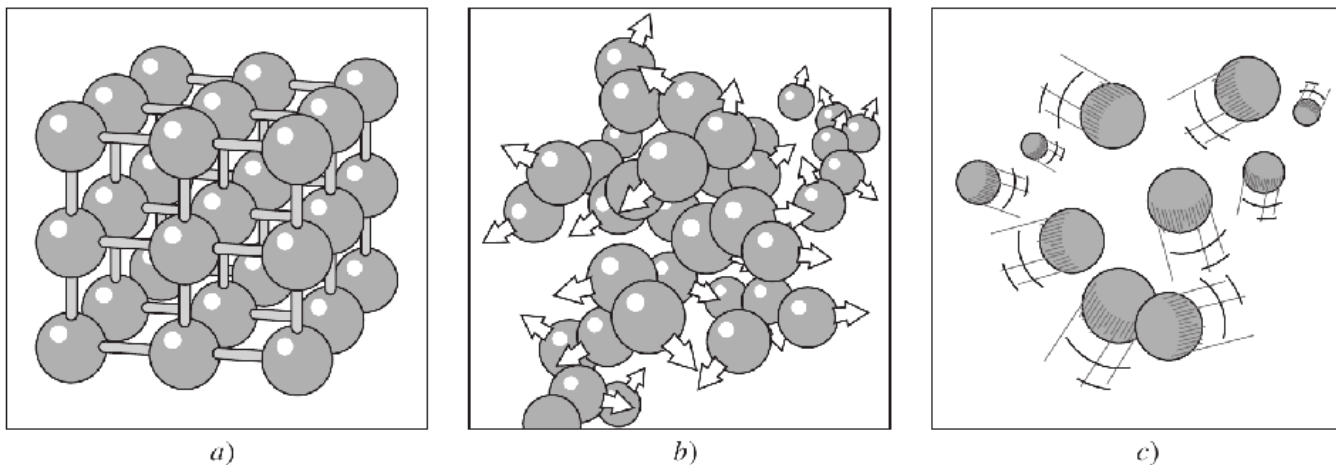
Agua  
líquida



Vapor de  
agua

# Sólidos, líquidos, y gases

- En un **sólido** las partículas se encuentran **fijas en una red**, aunque pueden vibrar. Los enlaces no se rompen.
- En un **líquido** las partículas pueden **trasladarse y girar libremente**. Enlaces se rompen y forman constantemente.
- En un **gas** no hay orden y las partículas se **mueven al azar, colisionándo** entre sí. No hay enlaces.

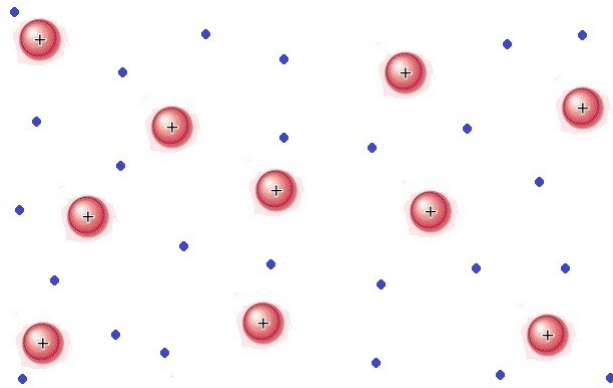


Disposición de los átomos en diferentes fases: *a)* las moléculas están en posiciones relativamente fijas en un sólido, *b)* grupos de moléculas se apartan entre sí en la fase líquida y *c)* las moléculas se mueven al azar en la fase gaseosa.



# Plasmas

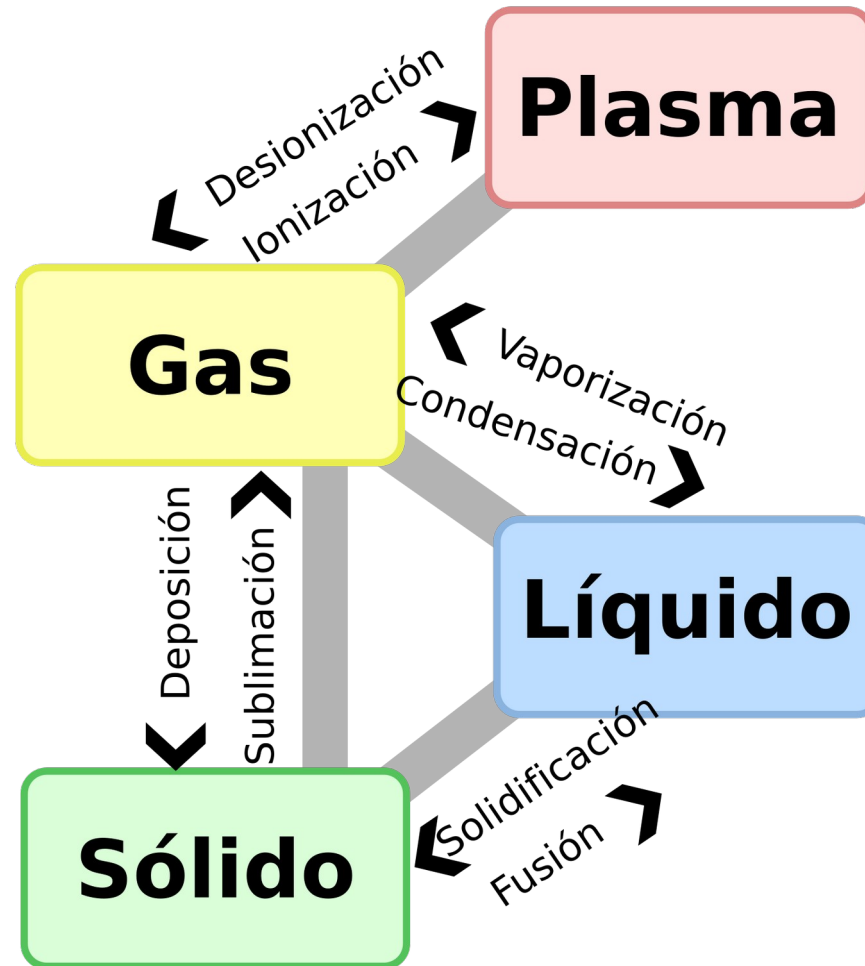
- Una **cuarta fase** observable en la vida cotidiana es la **plasmática**.
- Es un estado similar al gaseoso caracterizado por una alta presencia de **partículas cargadas** (iones o electrones).
- Se puede entender como un **gas ionizado**.



- Es el estado más abundante de materia ordinaria en el Universo.

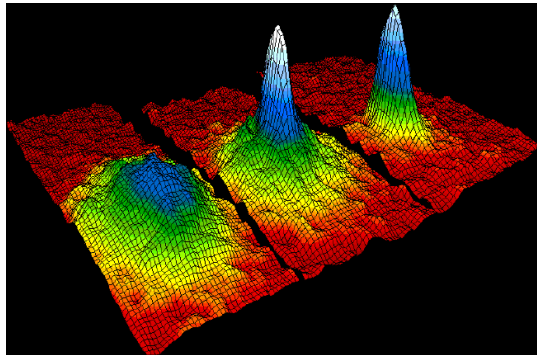
# Plasmas

- Los **plasmas** son usualmente considerados el **cuarto estado** de la materia.



# Otros estados extremos

- Existen otros estados de la materia que son alcanzados en **condiciones extremas**:
  - **Condensados de Bose-Einstein** (“5<sup>to</sup> estado de la materia”)
  - Materia neutrónica.
  - Plasmas de quark-gluones.



Condensado de Bose-Einstein de átomos ultrafríos



Estrellas de neutrones

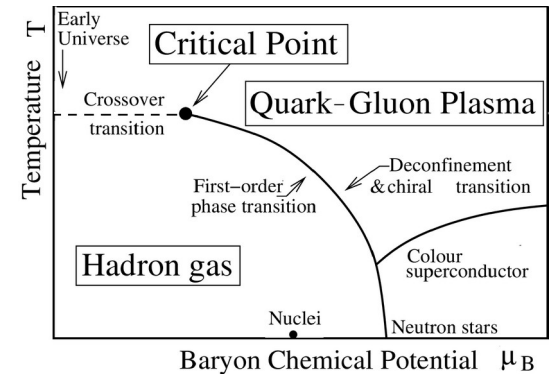


Diagrama de fase de QCD

# Otros estados extremos

EL MUNDO

ESPAÑA

OPINIÓN

ECONOMÍA

INTERNACIONAL

DEPORTES

CULTURA

Ciencia y Salud

Ciencia

Salud

Sostenibles

CIENCIA • Publicado en 'Nature'

## La NASA logra generar el quinto estado de la materia en el espacio

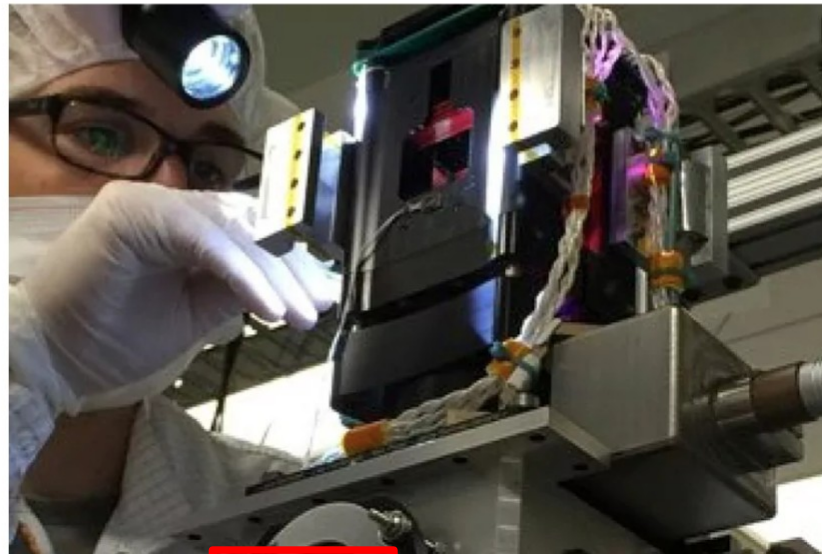
AMADO HERRERO  
@AmadoHerrero  
París

Actualizado Jueves, 11  
junio 2020 - 11:00



Ver 10 comentarios

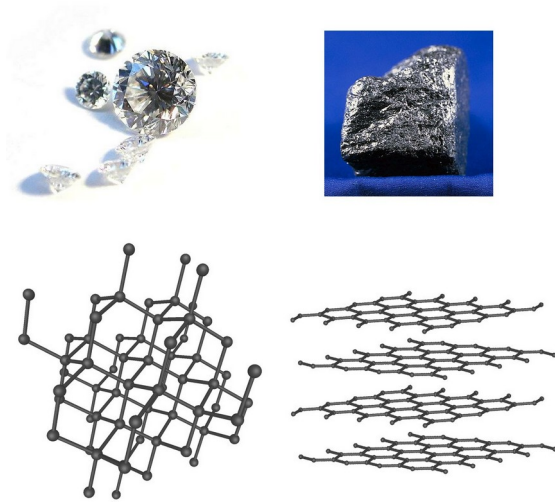
La microgravedad de la Estación Espacial Internacional permite a los científicos explorar una forma de materia exótica conocida como condensado de Bose-Einstein



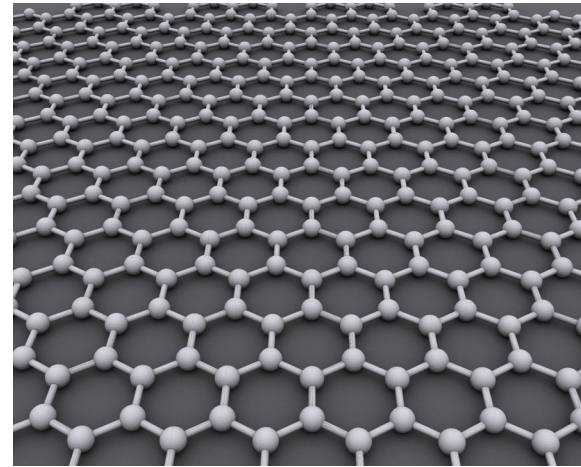
Pruebas en tierra de Cold Atom Lab, con el que se realizó el experimento en el

# Sub-fases de la materia

- Las sustancias pueden tener una **sub-fase** dentro de la fase principal (alotropía).
- Ejemplo: El carbono sólido tiene distintos alótropos, como el grafito, el diamante, el grafeno, entre otros.



Diamante y grafito.



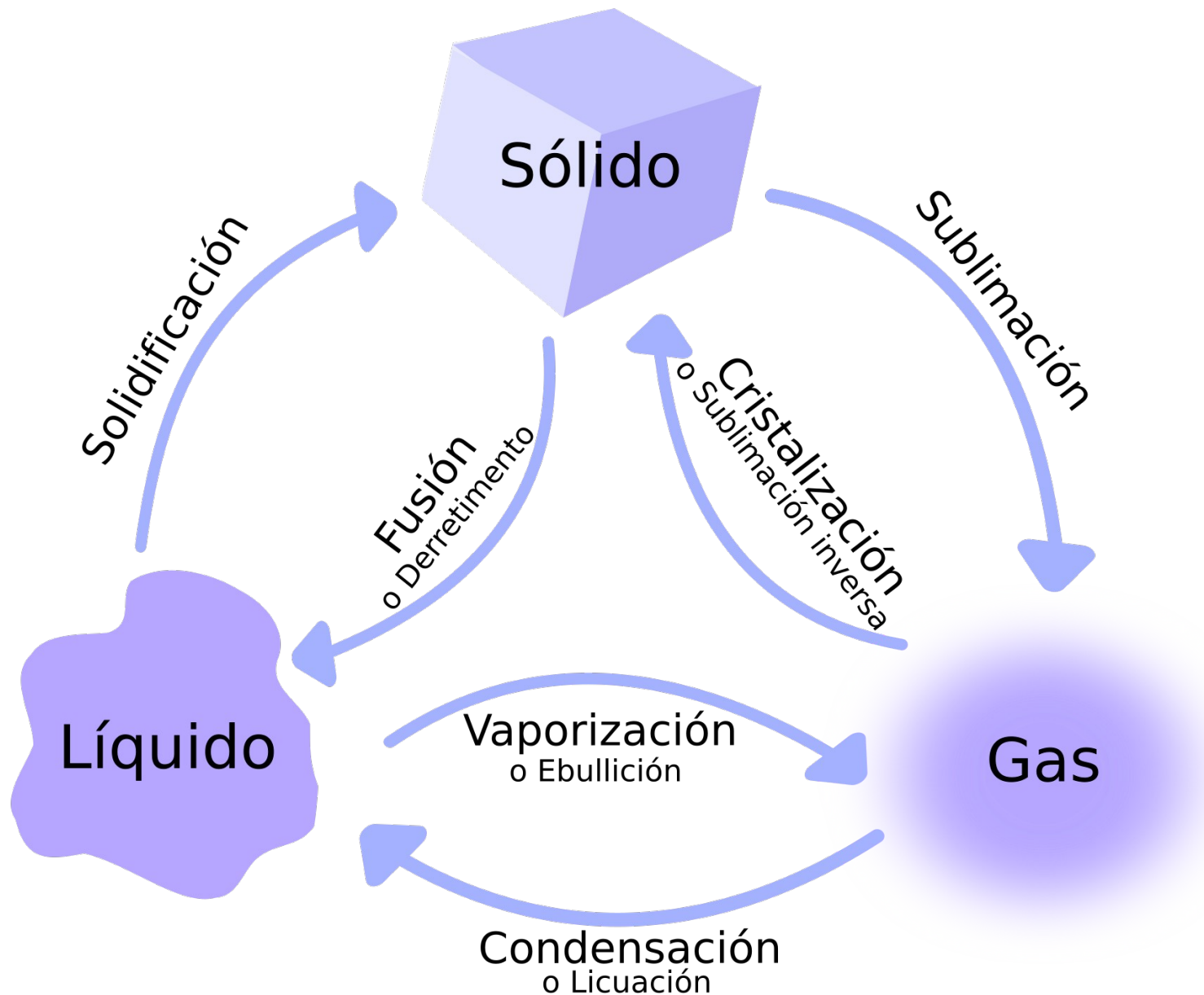
Grafeno.

- En este curso sólo estudiaremos sólidos, líquidos, y gases (especialmente los últimos dos).

# Clase 9: Sustancias puras y sus fases

- Sustancias puras.
- Fases de la materia.
- **Cambios de fase.**

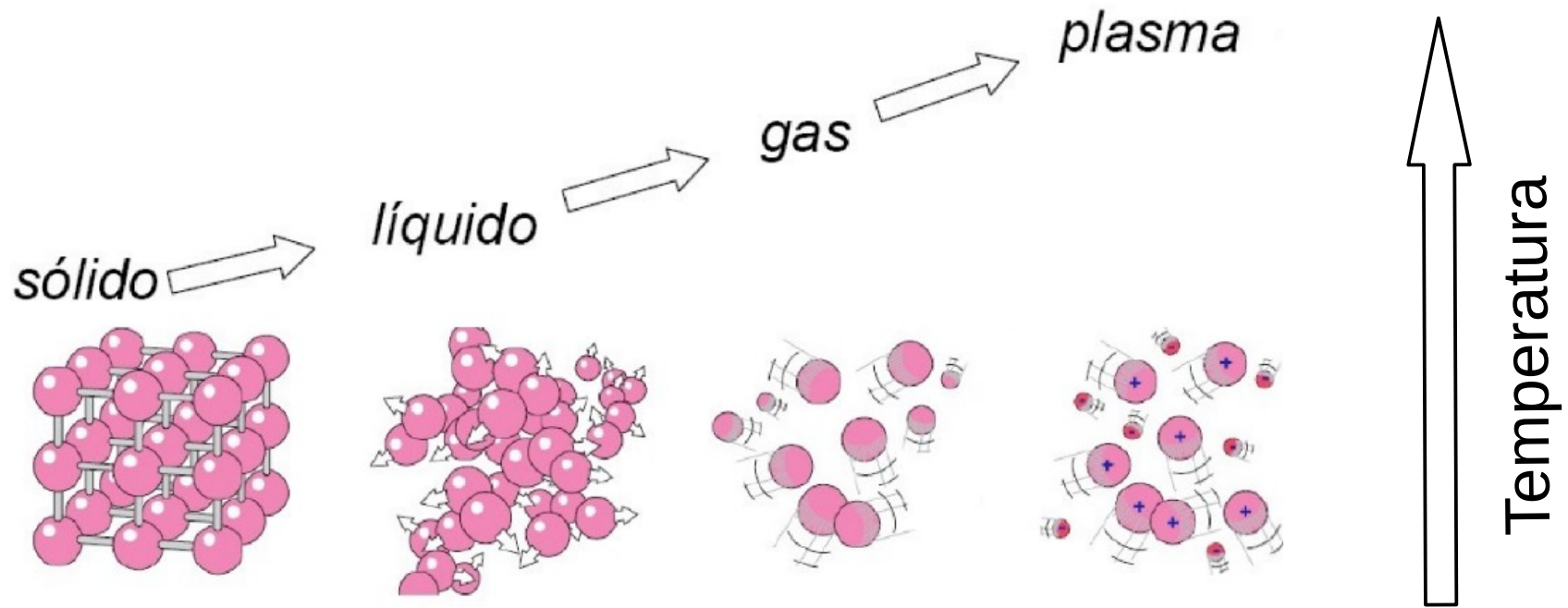
# Cambios de fase





# Cambios de fase

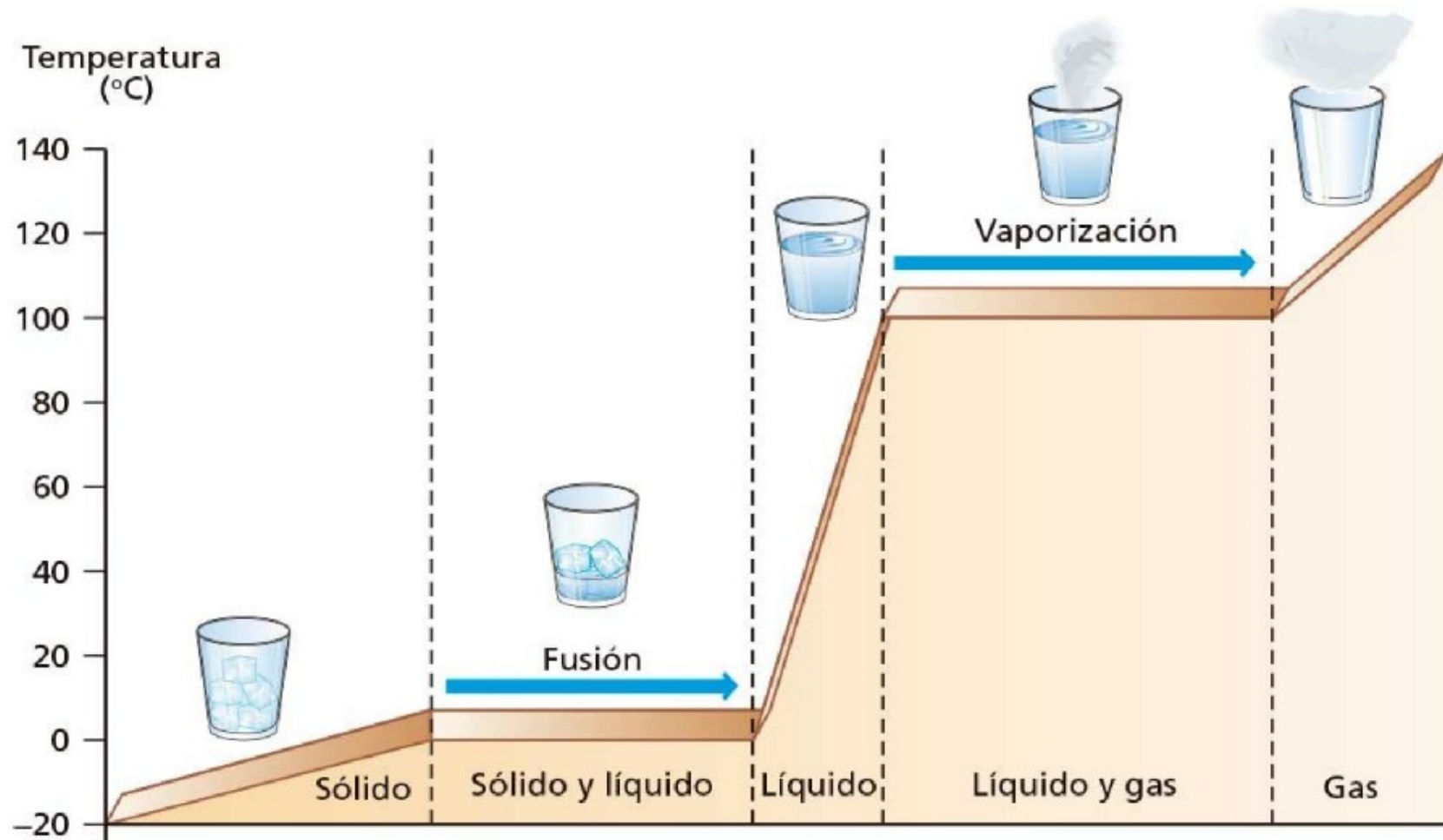
- De la experiencia cotidiana, sabemos que las sustancias pueden **cambiar de fase al cambiar la temperatura.**



- Al **aumentar la temperatura** las partículas **aumentan su energía cinética.**
- Lo anterior **rompe los enlaces** y provoca las transiciones de fase.



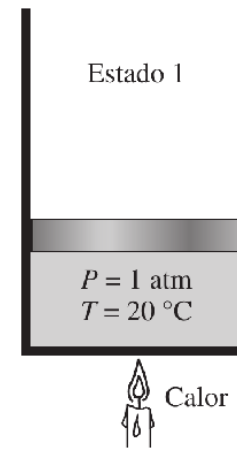
# Cambios de fase



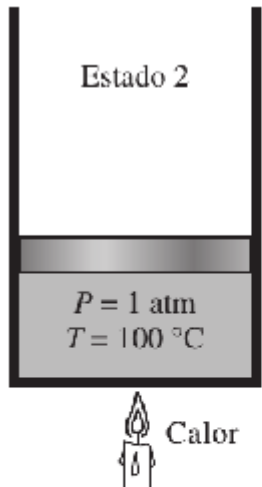
- Durante el cambio de fase la temperatura se mantiene constante y coexisten ambas fases.

# Líquido comprimido y saturado

- Un **líquido comprimido** o **subsaturado** es aquel que no está a punto de evaporarse.
  - Al transferirle calor al líquido su volumen aumenta pero sigue siendo un líquido.



A 1 atm y 20 °C, el agua existe en la fase líquida (*líquido comprimido*).

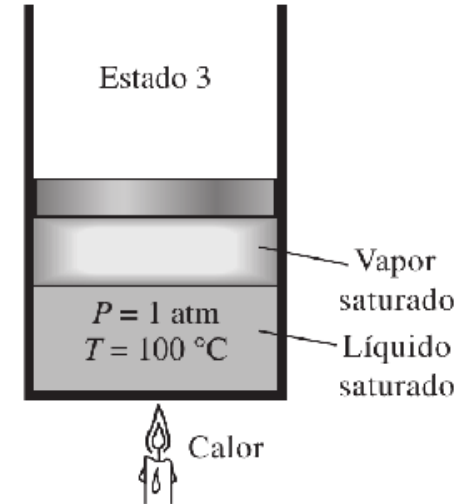
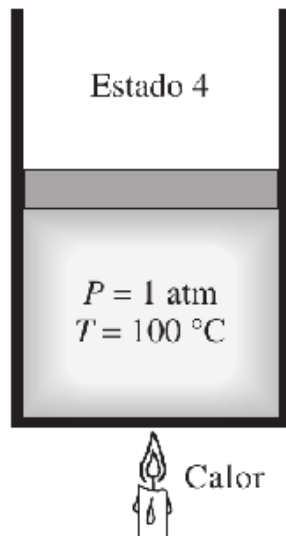


- Un **líquido saturado** es aquel que **está a punto de evaporarse**.
  - Al transferirle calor al líquido comienza a cambiar a un gas.

A 1 atm de presión y 100 °C, el agua existe como un líquido que está listo para evaporarse (*líquido saturado*).

# Vapor saturado y sobrecalentado

- Durante el **proceso de evaporación** la **temperatura se mantiene constante**.
- Además, se forma una **mezcla saturada de líquido-vapor**.



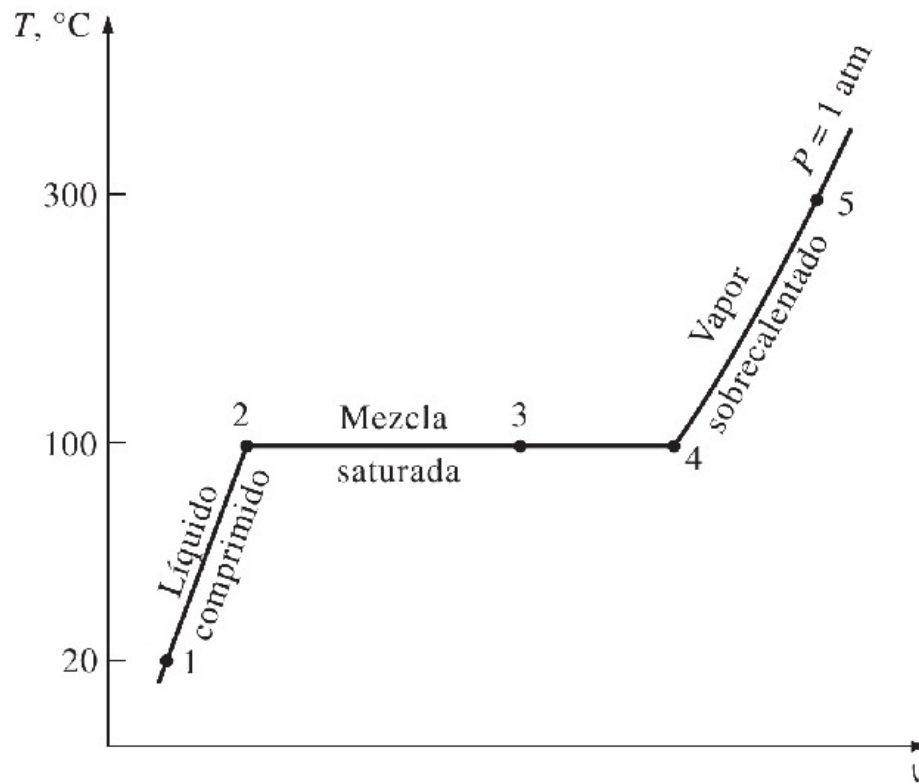
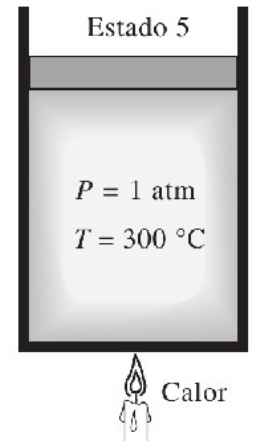
A medida que se transfiere más calor, parte del líquido saturado se evapora (*mezcla saturada de líquido-vapor*).

- Un **vapor saturado** es aquel que **está a punto de condensarse**.
  - Justo al terminar el proceso de evaporación se tiene un vapor saturado.

A 1 atm de presión, la temperatura permanece constante en 100 °C hasta que se evapora la última gota de líquido (*vapor saturado*).

# Vapor saturado y sobrecalentado

- Un **vapor sobrecalentado** es aquel que **no está a punto de condensarse**.
  - Al transferirle calor al vapor su volumen aumenta aún más.



Conforme se transfiere más calor, la temperatura del vapor empieza a aumentar (*vapor sobrecalentado*).

→ Volumen específico:  $\nu = 1/\rho$ .

# Cambios de fase

- Ya enunciamos que **aumentos de temperatura** provocan **cambios de fase** debido al **aumento de la energía cinética**.
- Sin embargo, la **temperatura** en que ocurre un **cambio de fase depende de la presión**.
- Intuitivamente, a menor presión es más fácil que las partículas escapen.

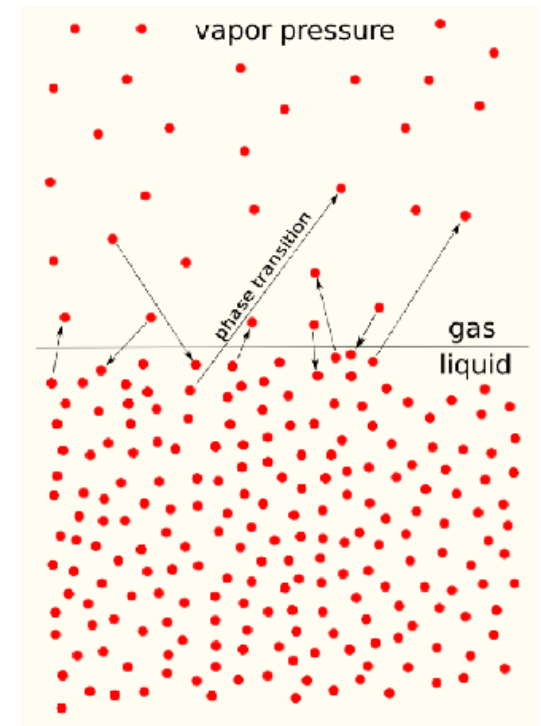
## Vaporación



Ebullición



Evaporación



# Temperatura y presión de saturación

- A una **presión determinada**, la **temperatura** a la que una sustancia pura **cambia de fase** se llama **temperatura de saturación**,  $T_{\text{sat}}$ .

Variación, con la altitud, de la presión atmosférica estándar y la temperatura de ebullición (saturación) del agua

Altura, m	Presión atmosférica, kPa	Temperatura de ebullición, °C
0	101.33	100.0
1 000	89.55	96.5
2 000	79.50	93.3
5 000	54.05	83.3
10 000	26.50	66.3
20 000	5.53	34.7

# Temperatura y presión de saturación

- A una **temperatura determinada**, la **presión** a la que una sustancia pura **cambia de fase** se llama **presión de saturación**,  $P_{\text{sat}}$ .

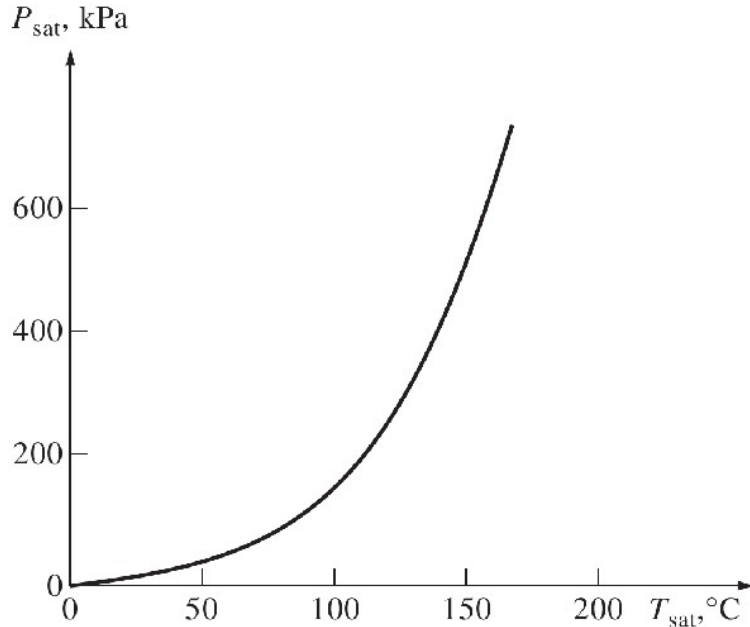
Presión de saturación (ebullición) del agua a distintas temperaturas	
Temperatura, $T$ , °C	Presión de saturación, $P_{\text{sat}}$ , kPa
-10	0.26
-5	0.40
0	0.61
5	0.87
10	1.23
15	1.71
20	2.34
25	3.17
30	4.25
40	7.39
50	12.35
100	101.4
150	476.2
200	1 555
250	3 976
300	8 588

# Temperatura y presión de saturación

- Resulta claro que la **temperatura y presión de saturación dependen entre sí:**

$$T_{\text{sat}} = f(P_{\text{sat}}).$$

- Experimentalmente, e incluso de la vida cotidiana, sabemos que la **temperatura**  $T_{\text{sat}}$  **aumenta** con la **presión**  $P_{\text{sat}}$ .



Curva de saturación líquido-vapor del agua.



Olla a presión.



# Resumen

- Hemos definido lo que es una **sustancia pura**.
- Revisamos distintos **estados de la materia**, incluyendo los **sólidos, líquidos, y gases**.
- Comenzamos a estudiar los **cambios de fase**.
- Próxima clase:
  - Diagramas de propiedades.