

G2 – FUERZAS INTERMOLECULARES (FI) – PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS – DIAGRAMAS DE FASES

G2.A. FUERZAS INTERMOLECULARES

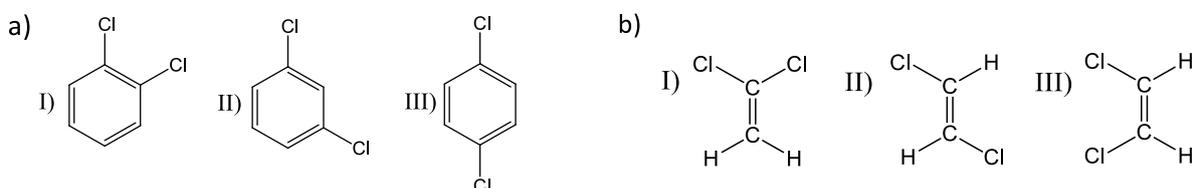
1) I) ¿Cuáles de las siguientes moléculas se espera que presente momento dipolar?

- a) H₂ b) O₂ c) HI d) HF

II) Predecir la polaridad de las siguientes sustancias

- a) ICl b) H₂S c) CH₄ (metano) d) PCl₃ e) HgCl₂ f) CH₃OH (metanol) g) HCHO (formaldehído)

2) Ordenar los siguientes isómeros en orden decreciente de momento dipolar, indicando los compuestos que presentan polaridad nula:



3)Cuál de estas opciones indica fuerzas de atracción intermolecular muy débiles en un líquido:

- a) un punto de ebullición muy elevado
b) una presión de vapor muy alta
c) una temperatura crítica muy alta
d) un calor de vaporización muy alto
e) ninguna de éstas.

Fundamentar la respuesta y explicar brevemente cada una de las propiedades.

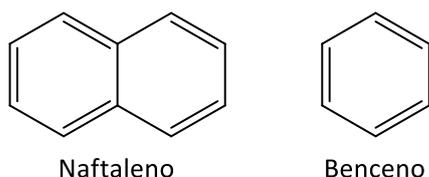
4) El éter dietílico tiene un punto de ebullición de 34.5 °C y el 1-butanol de 117 °C:



Ambos son isómeros porque tienen la misma fórmula molecular (C₄H₁₀O). Explicar la diferencia en sus puntos de ebullición.

5) Explicar en términos de fuerzas intermoleculares por qué:

- a) el NH₃ tiene un punto de ebullición mayor que el CH₄.
b) el KCl tiene un punto de fusión mayor que el I₂.
c) el naftaleno (C₁₀H₈) es más soluble en benceno que el LiBr.



6) ¿Qué sustancia de cada par tendrá mayor punto de fusión y de ebullición?

- a) HCl o NaCl b) C₂H₅OC₂H₅ (dietiléter) o C₄H₉OH (butanol) c) CHI₃ o CHF₃ d) H₂O o CH₃OH
e) BF₃ o BCl₃ f) H₂S o H₂O g) KBr o CH₃Br.

Fundamentar y escribir las estructuras de Lewis de cada sustancia.

7) En la tabla siguiente se muestran datos experimentales para algunas sustancias. Explicar a que se deben las diferencias entre los puntos de ebullición de los pares de sustancias de cada fila, indicando todas las fuerzas intermoleculares q intervienen.

Sustancia	M (g/mol)	μ (D)	Peb (°C)	Sustancia	M (g/mol)	μ (D)	Peb (°C)
CH ₃ OH	32.0	1.80	65.0	H ₂ S	34.0	1.10	-60.8
CH ₃ -(CH ₂) ₂ -CH ₃	58.0	0.00	-0.50	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	44.0	0.00	-42.1
CH ₃ -O-CH ₃	46.0	1.20	-24.0	CH ₃ -CH ₂ OH	46.0	1.70	78.5

8) Explicar los valores de los puntos de ebullición y la solubilidad en agua de los siguientes alcoholes isómeros: 1-pentanol (138 °C, poco soluble); 2-pentanol (118.9 °C, soluble) y 2-metil-2-butanol (102 °C, muy soluble).

9) Ordenar los siguientes grupos de sustancias según su solubilidad decreciente en agua justificando debidamente:

- propano; propanol; 1,2,3-propanotriol.
- 1-butanol; 1-heptanol; octano.
- benceno; metanol; butanona.

10) En la tabla siguiente se indican los valores de los puntos de ebullición y solubilidades en agua de alcoholes y éteres.

- Explicar las diferencias en los P.eb. y similitudes en las solubilidades.
- Indique cuáles son isómeros

Compuesto	Solubilidad (g/100 g agua)	Punto de ebullición (°C)
dimetileter	muy soluble	-24.5
etanol	muy soluble	78.5
dietiléter	7.8	34.5
1-butanol	8.3	118
dipropiléter	0.3	91
1-hexanol	0.6	156.6

G2.B. PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS

(Tensión Superficial - Acción capilar - Viscosidad - Presión de Vapor)

11) Definir tensión superficial ¿Cuál es la relación entre las fuerzas intermoleculares que existen en un líquido y la tensión superficial?

12) A pesar de que el acero inoxidable es mucho más denso que el agua, una navaja de afeitar puede flotar en el agua ¿Por qué?

13) Utilizar al agua y al mercurio como ejemplos para explicar la adhesión y la cohesión.

Dibujar diagramas que muestren la acción capilar del agua y el mercurio.

14) ¿Qué es la viscosidad? ¿Cuál es la relación entre las fuerzas intermoleculares que existen en el líquido y su viscosidad?

- 15)** ¿Por qué la viscosidad de un líquido disminuye al aumentar su temperatura?
- 16)** De los siguientes pares de compuestos, nombrar o escribir su fórmula estructural (según corresponda) y predecir cuál de ellos tendrá la mayor: i) viscosidad, ii) tensión superficial y iii) presión de vapor. Fundamente la respuesta.
- a) Benceno a 20 °C o benceno a 60 °C b) CH₃CH₂OH o CH₃OCH₃ c) Butano o propanona
- 17)** Comparar la viscosidad del etilenglicol (CH₂OH-CH₂OH) con respecto al etanol y a la glicerina (CH₂OH-CHOH-CH₂OH). Fundamentar su respuesta.
- 18)** Las presiones de equilibrio líquido/vapor de las sustancias A, B y C, a 20 °C, son respectivamente: P^{Vap}_A = 17.5 mmHg P^{Vap}_B = 75 mmHg P^{Vap}_C = 442 mmHg.
- Decidir si las siguientes proposiciones son verdaderas o falsas, justificando la respuesta:
- a) En estado gaseoso, la sustancia más difícilmente licuable es el compuesto C.
b) La sustancia que tiene mayores fuerzas intermoleculares es el compuesto C.
c) El punto de ebullición de la sustancia B es el más elevado.
d) Las presiones de vapor de todas estas sustancias disminuyen cuando aumenta el volumen.
e) La sustancia A es la que presenta la mayor masa molar.
f) La sustancia C es la que presenta mayor temperatura crítica.
g) La sustancia A es la que presenta mayor presión crítica.
h) La sustancia A es la que tiene menor calor de vaporización.
- Representar, en un mismo gráfico, las hipotéticas curvas de P^{Vap} (presión de vapor) vs T (temperatura) para las sustancias A, B y C.
- 19)** En un recipiente cerrado de 2 L, termostatzado a 25 °C, se colocan 100 mL de agua y se hace burbujear lentamente aire a través del agua. Utilizando las curvas de presión de vapor del Anexo I, estimar la disminución de la masa de agua que tiene lugar como consecuencia de la evaporación, suponiendo que el aire se satura.
- 20)** Se hace burbujear lentamente 1 L de aire a través de etanol a 20 °C. Utilizando las curvas de presión de vapor del Anexo I, estimar la disminución de la masa del etanol que tiene lugar como consecuencia de la evaporación, suponiendo que el aire se satura.
- 21)** Utilizando las curvas de presión de vapor del Anexo I, estimar qué masa de agua hay en el aire de un cuarto de baño de dimensiones 3 m x 4 m x 2 m cuando se ha llenado la bañera con agua a 35 °C.
- 22)** El CS₂ tiene una presión de vapor de 298 mmHg a 20 °C. Se coloca una muestra de 6 g de dicho material en un sistema cilindro - pistón móvil cerrado. Se lo mantiene sumergido en un baño termostático de agua, a la temperatura constante de 20 °C.
- a) ¿Cuál será el volumen máximo que alcanzará el sistema si se mantiene en equilibrio líquido - vapor?
b) Si el pistón se regula de tal forma que el volumen del cilindro es de 3 L, contestar las siguientes preguntas justificando su respuesta:
- b1) ¿Cuál es la presión del gas en el cilindro?
b2) ¿Cuántas fases tiene el sistema?
b3) ¿Qué masa de CS₂ hay en cada fase?
- c) Contestar las mismas preguntas del punto b), en el caso que el volumen del cilindro fuera de 7 L.
d) Ubicar sobre un hipotético diagrama P^{Vap} vs T los resultados obtenidos en los puntos a), b) y c).
e) A un recipiente rígido tubular dispuesto verticalmente ingresan 4 L de aire seco a través de una válvula de retención. El gas asciende por el tubo y sale por una válvula superior. ¿Cuál sería la disminución de masa

del CS_2 en el líquido, admitiendo que el aire que egresa del recipiente por la válvula de salida está saturado en CS_2 a 20°C ?

23) Con los datos de las curvas de presión de vapor del Anexo I, estimar el punto de ebullición del agua y el etanol cuando la presión externa es de:

- a) 700 mmHg b) 500 mmHg c) 90 mmHg.

24) Explicar por qué en Buenos Aires el agua hierve a 100°C y en Salta a 90°C . Utilizando las curvas de presión de vapor del Anexo I, estimar cuál es la presión atmosférica en Salta a partir de esta afirmación.

25) La válvula de escape de una olla de presión se abre cuando la diferencia de presión con el exterior es de 1.4 atm. Utilizando las curvas de presión de vapor del Anexo I, estimar cuál será la temperatura que alcance el agua dentro de la olla antes de que se abra la válvula.

26) Un investigador algo descuidado olvidó rotular dos botellas que contenían dos líquidos: n-hexano (C_6H_{14}) y n-heptano (C_7H_{16}). Para identificarlos realizó un experimento en el cual midió las presiones de vapor a distintas temperaturas y obtuvo los siguientes datos:

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	50	60	69	80	90	98
$P^{\text{vap}}_{\text{A}}$ (mmHg)	401	566	760	1062	1407	1836
$P^{\text{vap}}_{\text{B}}$ (mmHg)	141	209	302	427	589	760

a) Usando solamente los resultados experimentales: ¿Cómo puede el investigador decidir qué líquido contenía cada botella?

b) Hacer una curva de equilibrio líquido-vapor cualitativa de los compuestos, indicando la temperatura de ebullición normal.

c) Analice las presiones de vapor en función de las fuerzas intermoleculares de los compuestos.

27) Se hace vacío en un recipiente termostatzado de 2 dm^3 . La temperatura del recipiente es de 34.6°C , que coincide con la del punto de ebullición normal del éter etílico ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$).

a) ¿Cuál será la composición y la presión del sistema si se introducen 2,0 g de éter etílico en el recipiente?

b) ¿Cuál será la composición y la presión del sistema si se introducen 8,0 g de éter etílico en el recipiente?

c) Al sistema del punto b) se le introducen 200 cm^3 de N_2 medidos en CNPT ¿Cuál será la presión parcial de N_2 , la presión parcial de éter y la presión total? Suponga que el N_2 no es soluble en éter.

G2.C. DIAGRAMAS DE FASE

28) Utilizando el diagrama de fases del agua del Anexo II, predecir el estado de agregación de una muestra de agua bajo las siguientes condiciones:

- a) 2 atm, 200°C b) 600 mmHg, 70°C c) 3 mmHg, 0°C d) 218 atm, 374°C .

29) Utilizando el diagrama de fases del agua del Anexo II, describir los cambios de fases que ocurren al aumentar gradualmente la presión desde 1.5 Torr hasta 760 Torr, cuando se mantiene una temperatura constante de:

- a) -5°C b) 0°C c) 70°C .

Trazar las distintas evoluciones sobre el diagrama de fases.

30) Utilizando el diagrama de fases del agua del Anexo II, describir los cambios de fases que ocurren al aumentar gradualmente la temperatura desde -12°C hasta 100°C , cuando se mantiene una presión constante de:

- a) 0.2 atm b) 10 atm

Trazar las distintas evoluciones sobre el diagrama de fases.

31) Utilizando los datos del diagrama de fases del dióxido de carbono, indicar por lo menos dos estados (presión y temperatura) bajo los cuales esta sustancia se encuentra en los estados líquido, sólido y gaseoso. Construir el diagrama de fases y señalar los estados sobre el gráfico.

Datos: Punto triple: $-56.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, 5.1 atm; Punto crítico: $31\text{ }^{\circ}\text{C}$, 72.8 atm; Temperatura de sublimación normal: $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$.

32) Para una determinada sustancia se cuenta con la siguiente información: las coordenadas del punto triple son 0.74 atm y 330 K, las del punto crítico son 1.25 atm y 400 K, la temperatura de fusión normal es de 333 K y la temperatura de ebullición normal es de 375 K.

- a) Dibujar de forma aproximada el diagrama de fases de la sustancia.
- b) Describir los cambios de estados que ocurren durante las siguientes evoluciones:
 - b1) Evolución a presión constante de 1.1 atm desde 200 K hasta 420 K.
 - b2) Evolución a presión constante de 0.5 atm desde 500 K hasta 150 K.
 - b3) Evolución a temperatura constante de 450 K desde 0.1 atm hasta 2 atm.
 - b4) Evolución a temperatura constante de 331 K desde 1.3 atm hasta 0.5 atm.
- c) De acuerdo a este diagrama, ¿la densidad del sólido será menor o mayor que la del líquido?

Respuestas

G2.A. FUERZAS INTERMOLECULARES

1) I) c) y d); II) a), b), d), f) y g) son polares

2) a) I > II > III; b) III > I > II

3) b)

4) Las fuerzas intermoleculares (FI) en el 1-butanol (puente hidrógeno) son mayores que en el éter etílico (dipolo-dipolo). A mayor FI, mayor P.eb.

5) a) FI amoníaco: puente hidrógeno; FI metano: London. A mayores FI, mayores P.eb.

b) El cloruro de potasio tiene fuerzas electrostáticas de atracción entre catión y anión, que son de mayor magnitud que las fuerzas intermoleculares en el yodo.

c) El benceno es un solvente no polar por lo que disuelve más fácilmente compuestos no polares. Como el naftaleno es un compuesto no polar es más soluble en benceno que el LiBr (compuesto iónico).

6) a) NaCl; b) Butanol; c) CH₃I; d) y f) H₂O; e) BCl₃; g) KBr.

7) El metanol (CH₃OH) forma enlaces puente de hidrógeno y tiene un mayor momento dipolar que el sulfuro de hidrógeno (H₂S) por eso P.eb. CH₃OH > P.eb. H₂S. El butano (CH₃-(CH₂)₂-CH₃) y el propano (CH₃-CH₂-CH₃) no presentan momento dipolar pero el primero posee una nube electrónica de mayor tamaño, por lo que el aporte de las interacciones de London es más grande. El dimetiléter (CH₃-O-CH₃) y el etanol (CH₃-CH₂-OH) son sustancias polares, pero sólo el último presenta interacciones de puente de hidrógeno.

8) Los alcoholes están compuestos por una parte hidrofóbica (alcano) y una hidrofílica (hidroxilo). Al ser un alcohol de 5 carbonos (largo considerable) y tener un solo hidroxilo, la localización del mismo influye fuertemente en la solubilidad. En el 1-pentanol tenemos un extremo soluble (hidrofílico) y una "cola" hidrofóbica mientras que en el 2-pentanol la ubicación del -OH (que no se encuentra en un carbono terminal) hace que sea más soluble. En el 2-metil-2-butanol la cadena es más corta, con una ramificación y el -OH no se encuentra en un carbono terminal, lo que lo hace más soluble que los anteriores. El P.eb. de los alcoholes disminuye a medida que la estructura se vuelve más ramificada dado que el "empaquetamiento" de las moléculas en las fases condensadas se ve desfavorecido.

9) a) 1,2,3-propanotriol > propanol > propano; b) 1-butanol > 1-heptanol > octano; c) metanol > butanona > benceno.

10) Mientras las moléculas sean más pequeñas tendrá mayor influencia el grupo funcional (-OH/-O-) generando mayor solubilidad, pero las fuerzas intermoleculares serán menores (menor tamaño de nube) disminuyendo el P.eb.

Similitudes en la solubilidad: el dimetiléter y el metanol tienen partes hidrocarbonadas pequeñas por lo que son muy solubles en agua. El dietiléter y el 1-butanol también poseen solubilidades en agua similares ya que tienen cadenas hidrocarbonadas con igual número de carbonos.

Diferencias en los P. eb.: las FI en el etanol (puente hidrógeno) son mayores que en el dimetiléter (dipolo-dipolo). Las FI en el 1-butanol (puente hidrógeno) son mayores que las del dietiléter (dipolo-dipolo). Las FI del 1-hexanol (puente hidrógeno) son mayores que en el dipropiléter (dipolo-dipolo). En todos estos casos: a mayor FI, mayor P.eb.

G2.B. PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS

11) a 15) las respuestas figuran en la teoría correspondiente.

16) a) benceno a 20 °C mayores tensión sup. y P.eb., benceno a 60 °C mayor P^{Vap}; b) etanol mayores tensión sup. y P.eb., eter mayor P^{Vap}; c) propanona mayores tensión sup. y P.eb., butano mayor P^{Vap}.

- 17) μ glicerina (3 pte H por molécula) > μ etilenglicol (2 pte H por molécula) > μ etanol (1 pte H por molécula).
- 18) a) Verdadero: la de mayor P^{vap} es la de menor FI y por lo tanto es la más difícil de licuar; b) Falso: a mayor FI, mayor P^V ; c) Falso: el P.eb. más elevado lo tendrá la de mayor FI, y como a mayores FI se tienen menores P^V , la sustancia A será la de mayor P.eb.; d) Falso: la P^{vap} solo depende de la naturaleza de la sustancia y de la temperatura; e), f), g) y h) Falso.
- 19) 0.04610 g
- 20) 0.11g
- 21) 950 g
- 22) a) 4.84 L; b) 0.392 atm, 2 fases, 3.72 g en vapor y 2.28 g en líquido; c) 0.271 atm, una fase, 6 g (vapor); e) 4.96g
- 23) a) agua: 97.8 °C, etanol: 76.1 °C; b) agua: 88.7 °C, etanol: 68.1 °C; c) agua: 49.5 °C, etanol: 32.5 °C
- 24) El P.eb. se da cuando la $P^{vap} = P_{atm}$. Como en Salta hay mayor altura sobre el nivel del mar, la P_{atm} es menor y por ende se necesita menor temperatura para que la P^V la iguale. La P_{atm} en Salta es de aproximadamente 525 mmHg
- 25) Entre 109 °C y 110 °C.
- 26) a) A: n-hexano (C_6H_{14}) y B: n-heptano (C_7H_{16})
- 27) a) 0.34 atm; b) Se alcanza equilibrio L-V y $P = 1$ atm; c) $P(N_2) = 0.113$ atm; $P(eter) = 1$ atm y $P(Tot) = 1.113$ atm

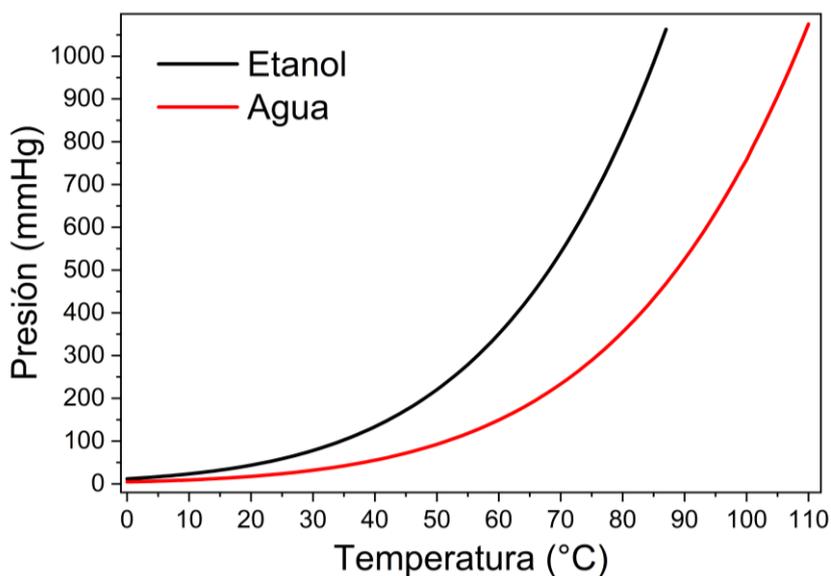
G2.C. DIAGRAMAS DE FASE

- 28) a) Gas; b) Líquido; c) Gas; d) Fluido supercrítico
- 29) a) Gas a Sólido; b) Gas a Sólido y termina en Sólido-Liq; c) Gas a Líquido.
- 30) a) Sólido a Líquido a Gas; b) Sólido a Líquido
- 32) b1) sólido \rightarrow líquido \rightarrow gas; b2) gas \rightarrow sólido; b3) gas (no hay cambio de estado); b4) sólido \rightarrow líquido \rightarrow gas. c) La densidad del sólido es mayor que la del líquido porque la curva de equilibrio sólido-líquido tiene pendiente positiva.

Anexo I

Tabla y Gráfico de Presiones de vapor a distintas Temperaturas para el agua y el etanol

Temp. (°C)	P _{VAP} Agua (mmHg)	P _{VAP} EtOH (mmHg)	Temp. (°C)	P _{VAP} Agua (mmHg)	P _{VAP} EtOH (mmHg)	Temp. (°C)	P _{VAP} Agua (mmHg)	P _{VAP} EtOH (mmHg)
0	4.6	11.8	51	97.2	231.1	81	369.7	844.6
1	4.9	12.6	52	102.1	242.4	82	384.9	878.1
2	5.3	13.5	53	107.2	254.1	83	400.6	912.7
3	5.7	14.5	54	112.5	266.3	84	416.8	948.5
4	6.1	15.6	55	118.0	279.1	85	433.6	985.4
5	6.5	16.7	56	123.8	292.3	86	450.9	1023.5
6	7.0	17.8	57	129.8	306.0	87	468.7	1062.8
7	7.5	19.1	58	136.1	320.4	88	487.1	
8	8.1	20.4	59	142.6	335.2	89	506.1	
9	8.6	21.8	60	149.4	350.7	90	525.8	
10	9.2	23.3	61	156.4	366.7	91	546.1	
11	9.8	24.9	62	163.8	383.4	92	567.0	
12	10.5	26.5	63	171.4	400.7	93	588.6	
13	11.2	28.3	64	179.3	418.6	94	611.0	
14	12.0	30.1	65	187.5	437.2	95	634.0	
15	12.8	32.1	66	196.1	456.5	96	658.0	
16	13.6	34.2	67	205.0	476.6	97	682.0	
17	14.5	36.4	68	214.2	497.3	98	707.3	
18	15.5	38.7	69	223.7	518.9	99	733.2	
19	16.5	41.1	70	233.7	541.2	100	760.0	
20	17.5	43.7	71	243.9	564.3	101	788.2	
21	18.7	46.4	72	254.6	588.2	102	816.6	
22	19.8	49.3	73	265.7	613.0	103	845.8	
23	21.1	52.3	74	277.2	638.6	104	875.9	
24	22.4	55.4	75	289.1	665.2	105	906.8	
25	23.8	58.8	76	301.4	692.6	106	938.6	
26	25.2	62.3	77	314.1	721.0	107	971.4	
27	26.7	65.9	78	327.3	750.4	108	1005.1	
28	28.4	69.8	79	341.0	780.8	109	1039.8	
29	30.0	73.8	80	355.1	812.2	110	1075.4	
30	31.8	78.1						
31	33.7	82.6						
32	35.7	87.3						
33	37.7	92.2						
34	39.9	97.3						
35	42.2	102.7						
36	44.6	108.4						
37	47.1	114.3						
38	49.7	120.5						
39	52.4	126.9						
40	55.3	133.7						
41	58.3	140.8						
42	61.5	148.2						
43	64.8	155.9						
44	68.3	164.0						
45	71.9	172.4						
46	75.7	181.2						
47	79.6	190.4						
48	83.7	199.9						
49	88.0	209.9						
50	92.5	220.3						



Anexo II
Diagrama de Fases (fuera de escala) del agua.

