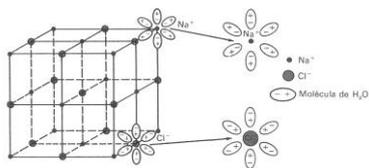


## SOLUBILIDAD 1.

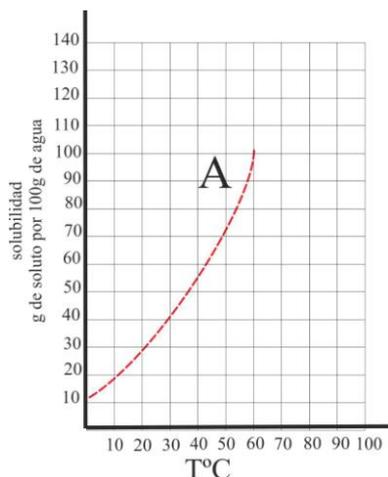


1\*. El cloruro sódico, cuando se disuelve en el agua, sus iones interactúan con los dipolos del agua, como se observa en la figura. Generalizando cuando una sal se disuelve en el agua, deberá tenerse en cuenta su:

- a) Energía de red
- b) Energía de hidratación
- c) La temperatura del agua
- d) La cantidad de agua

### SOLUCIÓN:

Desde el punto de vista energético se ha de tener en cuenta, la energía de red, o energía que hará falta suministrar para romper la red cristalina y separar los iones que la forman hasta el infinito y la energía de hidratación o energía desprendida en la interacción de estos iones con los dipolos del agua, independientemente de la cantidad de agua y de la temperatura que prácticamente no afecta a la solubilidad del cloruro sódico. Son correctas las propuestas a y b.

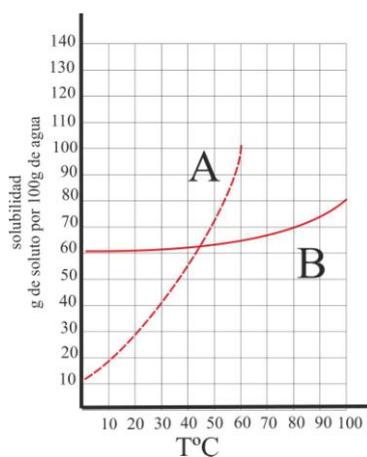


2\*. La mayoría de las sales se disuelven fácilmente en el agua, pero en muchas de ellas, como el caso de la sustancia A, su solubilidad aumenta considerablemente con la temperatura, esto se debe a que:

- a) Su estructura cristalina no es muy compacta
- b) Tienen muy poca energía de red
- c) Sus iones tienen una gran energía de hidratación
- d) Son sustancias no cristalinas

### SOLUCIÓN:

Parece claro que el aumento tan acusado de su solubilidad con la temperatura, implica que la energía térmica es suficiente para superar la energía reticular que deberá ser pequeña, o que su red será espaciosa manteniendo los iones muy separados, de forma también disminuye la energía de red. Son correctas las propuestas a y b.

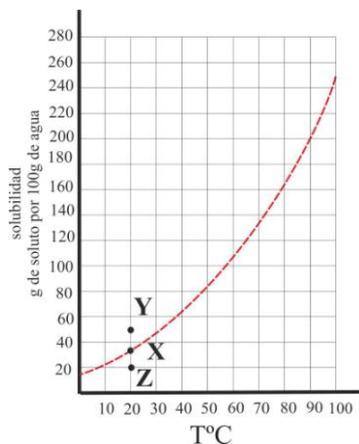


3\*. Si tenemos dos sales A y B, cuya solubilidad varía con la temperatura como indica la figura, podrás decir de ellas que:

- a) La A es mucho más soluble en la caliente que la B
- b) Si tenemos una disolución saturada de ambas a 40°C y enfriamos en el fondo del recipiente se separará prioritariamente A
- c) Será más fácil de cristalizar A que B
- d) Será más fácil preparar una disolución sobresaturada con la B que con la A

### SOLUCIÓN:

Examinando la gráfica dada, observamos que la opción a es correcta, así como la d, ya que B es menos soluble que A en caliente, pero más en frío. Por lo tanto si calentamos y luego enfriamos, A cristalizará antes, y debido a la mayor pendiente de la recta también será más fácil preparar una disolución sobresaturada con A que con B, por lo tanto son correctas la a y la d

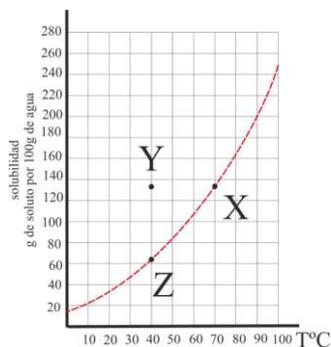


4. Dada la gráfica de la variación de la solubilidad de una sal, con la temperatura, en tres situaciones X, Y y Z, de ellas podrás asegurar que:

- a) Y es una disolución saturada de la misma
- b) X es una disolución en equilibrio entre fase sólida y fase disuelta
- c) Z es una disolución que admite más soluto
- d) Y es una disolución sobresaturada

### SOLUCIÓN:

Las posiciones en la curva de solubilidad representan siempre a una disolución saturada, en la cual existe un equilibrio entre la fase disuelta y la fase sólida. Y, por encima de dicha curva representa una disolución sobresaturada, y Z, por debajo es una disolución no saturada y que por lo cual admite la cantidad de soluto hasta la posición X

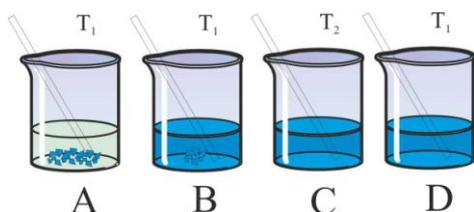


5\*. Se prepara una disolución saturada X de una determinada sal, a 70°C, con 138g de la misma en 100g de agua (véase la gráfica de la variación de la solubilidad con la temperatura). Después enfriamos hasta los 40° (posición Y), al cabo de un tiempo determinado la disolución alcanza el punto Z de la curva. De estos hechos podrás decir que:

- Y es una disolución sobresaturada
- Y es una disolución saturada
- En Z, se producirá un precipitado de 78g de sal
- En Z existe un equilibrio heterogéneo entre la sal disuelta y sin disolver

**SOLUCIÓN:**

Parece evidente que a 40°C, la disolución en Y, tiene mucho más soluto disuelto que el que admite su solubilidad, por lo que se tratará de una disolución sobresaturada, que irá precipitando la diferencia de soluto admitida o sea  $138g - 60g = 78g$ , como se propone en c. También son correctas a y d.

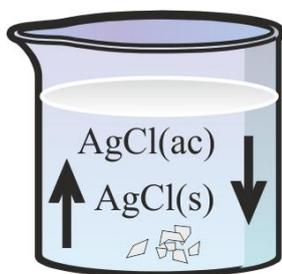


6\*. Disuelves cierta cantidad de sulfato de cobre(II) pentahidratado (A). Agitas con la varilla y al cabo de un tiempo la situación se refleja en B. Calientas hasta  $T_2 > T_1$  (C), y después enfrías hasta  $T_1$ . De todas estas situaciones dirás que:

- B es una disolución no saturada
- C es una disolución saturada
- D es una disolución sobresaturada
- Al cabo de cierto tiempo se producirá un precipitado en D

**SOLUCIÓN:**

En B ya no se disuelve más soluto, a esa temperatura, por lo que la disolución será saturada. En C, se ha disuelto más soluto al calentar la disolución, por lo que seguirá siendo saturada o no saturada (no conocemos la solubilidad a dicha temperatura), pero al enfriar hasta la temperatura inicial, D, será una disolución sobresaturada, precipitando la diferencia de solubilidad del soluto entre ambas temperaturas.



7. Se disuelve cloruro de plata en agua a 25°, hasta que se deposita en el fondo, tal como se observa en la figura. De esta situación dirás que:

- Existe un equilibrio homogéneo entre la fase disuelta y la fase sólida
- Predomina la producción de un precipitado de cloruro de plata
- Se produce un equilibrio heterogéneo entre la fase disuelta y la fase sólida
- El precipitado del fondo se disuelve preferentemente

**SOLUCIÓN:**

Se produce un equilibrio entre la fase sólida y la disuelta, al estar la disolución saturada, pero al tratarse de un electrolito, estará completamente disociada según el equilibrio:  $AgCl(s) \rightleftharpoons AgCl(ac) \rightarrow Ag^+(ac) + Cl^-(ac)$  en el cual la velocidad con que se deposita la fase sólida (flecha hacia abajo) es igual a la velocidad con que se disuelve (flecha hacia arriba). Es correcta la propuesta c.

8\*. Cuando echas una sustancia sólida y poco soluble, como la cal, en un vaso de precipitados con agua, observas al cabo de cierto tiempo que en el fondo del recipiente queda sustancia sin disolver. En estas circunstancias podrás afirmar que:

- La disolución está saturada de hidróxido cálcico y su concentración en gramos/litro se denomina solubilidad
- Existe un equilibrio heterogéneo entre el hidróxido cálcico disuelto y el del fondo
- Se produce un equilibrio entre el óxido cálcico y el hidróxido cálcico
- La velocidad con que se disuelve el hidróxido es igual a la que le lleva a depositarse en el fondo

**SOLUCIÓN:**

El proceso sería:  $CaO(s) + H_2O = Ca(OH)_2(s) \rightleftharpoons Ca(OH)_2(ac) \rightarrow Ca^{2+}(ac) + 2OH^-(ac)$ . Son correctas las propuestas a, c y d.

9\*. Cuando se produce el equilibrio heterogéneo entre una sustancia disuelta y su estado disuelto, tratándose de electrolitos fuertes, lo que ocurre realmente es que:

- a) Solo ocurre entre especies iónicas y la fase no disuelta situada en el fondo del recipiente
- b) Se sigue el principio de Le Chatelier en su desplazamiento
- c) La constante de dicho equilibrio se denomina producto de solubilidad
- d) La solubilidad dependerá solamente de la constante del equilibrio

SOLUCIÓN:

Mientras que el producto de solubilidad es una constante de un equilibrio heterogéneo de un electrolito y por lo tanto sólo depende de la temperatura, la solubilidad depende de multitud de factores. Como se ha visto antes, son correctas las propuestas a, b y c.

10. La expresión de la constante del producto de solubilidad de una sal de fórmula general  $A_mB_n$ , será:

- a)  $[A^{n+}]^m [B^{m-}]^n$
- b)  $[A^{n+}]^n [B^{m-}]^m$
- c)  $[A^{m+}]^n [B^{n-}]^m$
- d)  $[A^{m+}]^m [B^{n-}]^n$

SOLUCIÓN:

Considerando el criterio de formulación (a la izquierda el elemento positivo, o sea la especie iónica A), el equilibrio será:  $A_mB_n(s) \rightleftharpoons A_mB_n(ac) = mA^{n+}(ac) + nB^{m-}(ac)$ , lo cual producirá un  $K_{ps} = [A^{n+}]^m [B^{m-}]^n$ , como se propone en a.

11\*. Los estudiantes de física y química, recuerdan a Walter Nernst, por haber enunciado el tercer principio de termodinámica, y por sus trabajos sobre pilas electroquímicas, sin embargo lo que no suele saberse es que fue un precursor de la música electrónica, al inventar un piano eléctrico. Definió el producto de solubilidad del que puedes decir que:

- a) Es la constante del equilibrio heterogéneo en el que se encuentra una disolución saturada
- b) Es el producto de la concentración de los iones en una disolución saturada de una sustancia
- c) Siempre se mide en moles/litro
- d) Solo depende de la temperatura

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta lo expresado en el test anterior son correctas las propuestas a, b y d. Pues la constante de equilibrio sólo depende de la temperatura y por convenio se expresa sin unidades.

12\*. Cuando un hidróxido poco soluble, se disuelve en el agua dirás que su pH, dependerá de:

- a) La solubilidad
- b) La constante del producto de solubilidad
- c) La temperatura
- d) La cantidad de agua

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta el equilibrio heterogéneo del hidróxido y el concepto de  $pH=14-pOH=14+\log[OH^-]$ :

$M(OH)_n(s) \rightleftharpoons M(OH)_n(ac) = M^{n+}(ac) + n(OH)^-(ac)$ ,  $K_{ps} = [M^{n+}][OH^-]^n$ , de lo que  $[OH^-] = \sqrt[n]{\frac{K_{ps}}{[M^{n+}]}}$ , por lo tanto  $pH = 14 - \log[OH^-] = 14 - \log \sqrt[n]{\frac{K_{ps}}{[M^{n+}]}}$  y dado que  $[M^{n+}]$  es la

solubilidad expresada en moles/Litro, son correctas las propuestas a y b.

13. El producto de solubilidad de un hidróxido poco soluble depende de

- a) La solubilidad
- b) pH
- c) pOH
- d) La temperatura

SOLUCIÓN:

$M(OH)_n(s) \rightleftharpoons M(OH)_n(ac) = M^{n+}(ac) + n(OH)^-(ac)$  y  $K_{ps} = [M^{n+}][OH^-]^n$  pero como vimos en el test anterior,  $[M^{n+}]$  es la solubilidad expresada en moles/Litro y  $pH=14-pOH=14+\log[OH^-]$ , de los se deduce que son correctas a, b y c.

14\*. El concepto químico de base, surge por ser estas sustancias la base de la formación de las sales, al combinarse con los radicales ácidos. Sin embargo este concepto ideado por Lavoisier, también abarcaba a numerosos óxidos, como la cal y la barita. Las bases o hidróxidos de los metales alcalinotérreos, son poco solubles, y su producto de solubilidad en disolución acuosa se puede calcular fácilmente si te dan:

- a) La concentración de los iones metálicos
- b) El pH de la disolución
- c) La concentración de la fase sólida
- d) La constante de equilibrio

SOLUCIÓN:

Según los criterios seguidos en los test anteriores, y dado que la solubilidad corresponde a la concentración de los iones metálicos en la disolución saturada, son correctas las propuestas a, b y d.

15. Ya Basilio Valentino, "cronista químico", del siglo XV, escribía de una piedra que ayudaba a fundir a los minerales. Sin embargo será un médico de las minas bohemias de Joachimsthal, Jorge Bauer, más conocido por "Agrícola", el que describe en su tratado de minería "De re metálica", publicado en Basilea en 1530, este mineral que denomina: Lapis fluor (piedra que fluye). Este mineral que se llamó espato flúor, y después fluorita, tiene como base el fluoruro cálcico, y es el que dará nombre al flúor, que se extrae de aquel. Si el producto de solubilidad de  $\text{CaF}_2$  es  $3.4 \cdot 10^{-11}$ , dirás que su solubilidad en g/litro será de:

- a) 0,016
- b)  $2,04 \cdot 10^{-4}$
- c)  $1,59 \cdot 10^{-2}$
- d)  $2 \cdot 10^{-2}$

Masas atómicas: F, 19 / Ca, 40

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta que  $\text{CaF}_2(s) \rightleftharpoons \text{CaF}_2(ac) = \text{Ca}^{2+}(ac) + 2\text{F}^{-}(ac)$ , la constante producto de solubilidad será:

$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^{-}]^2$ , y teniendo en cuenta que la solubilidad en moles/L  $x = [\text{Ca}^{2+}]$  y la estequiometría de la reacción

$$K_{ps} = x \cdot (2x)^2 = 4x^3, \text{ de lo que } K_{ps} = x \cdot (2x)^2 = 4x^3 \text{ de lo que } x = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{3,4 \cdot 10^{-11}}{4}} = 2,04 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Teniendo en cuenta su masa molar 78g/mol.  $s = 2,04 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,59 \cdot 10^{-2} \frac{\text{g}}{\text{L}}$ . Es correcta la propuesta c.

16. El carbonato bórico tiene un producto de solubilidad, a 25°C, de  $8.1 \cdot 10^{-9}$ , con este dato podrás decir que la normalidad de una disolución saturada de esta sal será de:

- a)  $8 \cdot 10^{-7}$
- b)  $1.8 \cdot 10^{-4}$
- c)  $4,5 \cdot 10^{-5}$
- d)  $0.9 \cdot 10^{-4}$

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta que  $\text{BaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{BaCO}_3(ac) = \text{Ba}^{2+}(ac) + \text{CO}_3^{2-}(ac)$ , la constante producto de solubilidad será:

$K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$ , y teniendo en cuenta que la solubilidad en moles/L  $x = [\text{Ba}^{2+}]$  que coincide con la molaridad de la disolución saturada

$$K_{ps} = x \cdot x = x^2, \text{ de lo que } x = \sqrt{K_{ps}} = 9 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 2 \frac{\text{Eq}}{\text{L}}, \text{ de lo que el número de equivalentes por litro será } 4,5 \cdot 10^{-5}, \text{ como se propone en c.}$$

17. Preparas una disolución saturada de una sal AB, disolviendo 0.01 g. de la misma hasta obtener un litro de disolución, que a 27°C presenta una presión osmótica de 3.74 torr. Con este dato podrás asegurar que el producto de solubilidad de la misma será aproximadamente:

- a)  $4 \cdot 10^{-8}$                       b)  $4 \cdot 10^{-12}$                       c)  $4 \cdot 10^{-16}$                       d)  $4 \cdot 10^{-4}$

$R=0.082 \text{ atm.lit/K.mol}$

SOLUCIÓN:

El equilibrio de la disolución sería:  $AB(s) \rightleftharpoons AB(ac) = A^+(ac) + B^-(ac)$  y por lo tanto  $K_{ps} = [A^+][B^-]$ , y teniendo en cuenta que la solubilidad en moles/L  $x = [AB(ac)] = [A^+] = [B^-]$ ,  $K_{ps} = x \cdot x = x^2$ , pero como

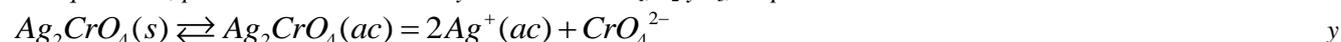
$$\pi = xRT, \text{ de lo que } K_{ps} = \left( \frac{\pi}{RT} \right)^2 = \left( \frac{3,74 \text{tor} \cdot \frac{1 \text{atm}}{760 \text{tor}}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot (27 + 273) \text{K}} \right)^2 = 4,0 \cdot 10^{-8}, \text{ como se indica en a.}$$

18\*. Los productos de solubilidad de las sales de plata: 1. cromato de plata / 2. yoduro de plata / 3. cloruro de plata, son respectivamente:  $4 \cdot 10^{-12}$ ,  $8 \cdot 10^{-17}$  y  $1 \cdot 10^{-10}$ . Con estos datos podrás asegurar que si en un volumen igual disuelves dichas sales hasta formar disoluciones saturadas:

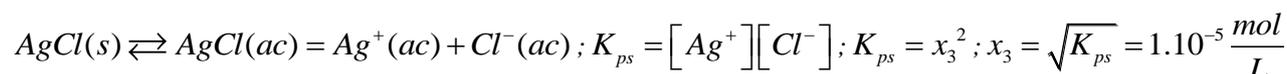
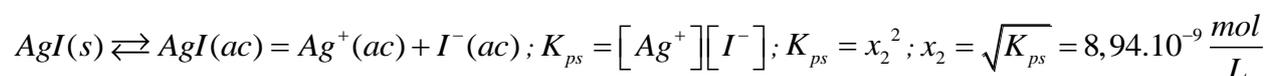
- a) Habrá más iones plata disueltos en la 1  
 b) La más insoluble es la 3  
 c) Si mezclas la 1 y la 2, se producirá un precipitado de yoduro de plata  
 d) Si mezclas la 1 y la 2 se producirá un precipitado de cromato de plata

SOLUCIÓN:

Los equilibrios, productos de solubilidad y solubilidades  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$ , respectivos serán:



$$K_{ps} = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] = 4x_1^3; x_1 = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$



Por lo tanto habrá más iones plata disueltos en la 1 y la más insoluble será la 2. Si mezclas la 1 y la 2, es evidente que dado que la solubilidad de la 2, es mucho más pequeña, la cantidad de iones plata aportados por la 1, sobrepasa el producto de solubilidad, por lo que precipitará yoduro de plata, por lo tanto no precipitará el cromato de plata mucho mas soluble. Son correctas la a, b y c.

19\*. Las aguas duras, son las que contienen una concentración en iones calcio o magnesio superiores en 60 partes por millón, y son las responsables de que los detergentes formen jabones insolubles, difíciles de arrastrar con agua, y que en las tuberías y lavadoras aparezcan costras sólidas que entorpecen su funcionamiento. Estas costras están formadas fundamentalmente por carbonato cálcico. Si su producto de solubilidad es de  $1.7 \cdot 10^{-8}$ , podrás asegurar que para que se produzca, la concentración en iones calcio en moles/litro, tendrá que ser mayor que:

- a) 0.00010                      b)  $1.3 \cdot 10^{-4}$                       c) 0.00013                      d) 0.0052

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta que  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaCO_3(ac) = Ca^{2+}(ac) + CO_3^{2-}(ac)$ , la constante producto de solubilidad será:

$K_{ps} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$ , y teniendo en cuenta que la solubilidad en moles/L  $x = [Ca^{2+}]$  que coincide con la molaridad de la disolución saturada

$$K_{ps} = x \cdot x = x^2, \text{ de lo que } x = \sqrt{K_{ps}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}. \text{ Son correctas as propuestas b y c.}$$

20. Muchos de los primeros ácidos encontrados procedían de extractos de plantas que recibirían nombres relacionados con las propiedades de aquellos, o sea el clásico picor en lengua. Así, existía una planta, llamada arumex acetosa, con estas características, recibiendo el nombre vulgar de acedera. De ella Wiegleb en 1770 extrajo un ácido que llamó, por todo lo dicho, oxálico (ox=ac). Su nombre sistemático será el etanodioico, precipitando fácilmente de sus sales, si existe el ion calcio, pues el producto de solubilidad del oxalato cálcico es  $2,5 \cdot 10^{-9}$ . Con este dato, te será fácil pronosticar que la máxima cantidad de oxalato cálcico que puede existir en un litro de disolución, deberá ser de:

- a) 64 g                      b) 5 mg                      c) 6,4 mg                      d) 0,5 mg

DATOS: C,12; O,16; Ca,40

SOLUCIÓN:

Teniendo en cuenta que  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4)(s) \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4)(ac) = \text{Ca}^{2+}(ac) + (\text{C}_2\text{O}_4)^{2-}(ac)$ , la constante producto de solubilidad será:

$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$ , y teniendo en cuenta que la solubilidad en moles/L  $x = [\text{Ca}^{2+}]$ ,  $K_{ps} = x \cdot x = x^2$ , de lo que

$x = \sqrt{K_{ps}} = 5,0 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ . La masas molar del oxalato cálcico es  $40+24+64=128\text{g/mol}$ , de lo que

$5,0 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 128 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 6,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{L}} = 6,4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$ . Es correcta la propuesta c.