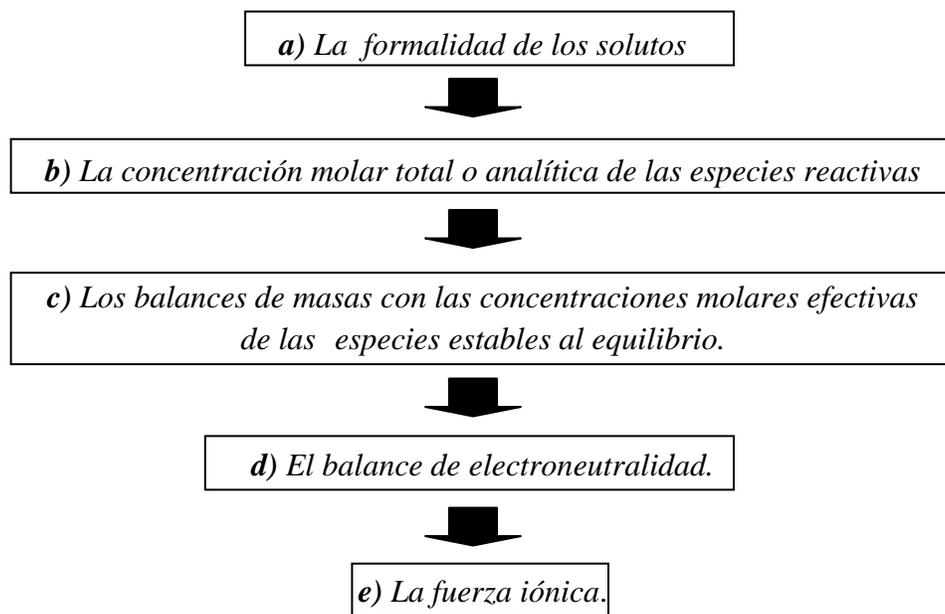


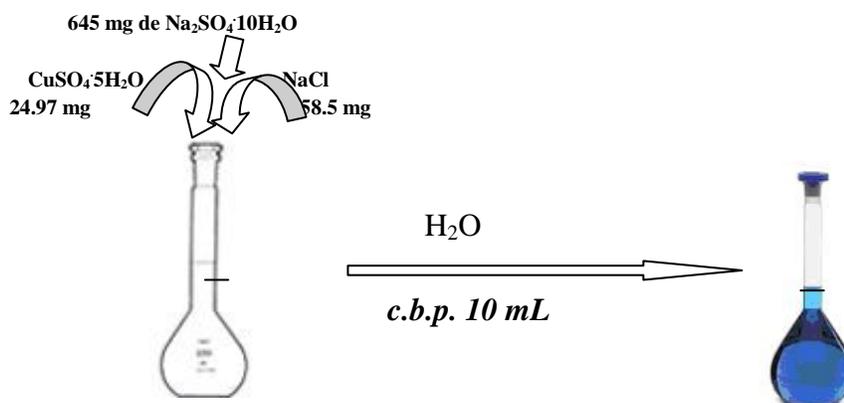
## QUÍMICA ANALÍTICA I. Unidad I.

### Documento de apoyo (2): *Caracterización cualitativa de soluciones analíticas.*

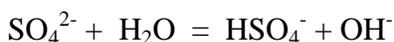
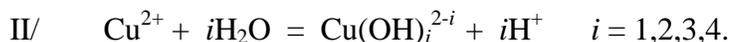
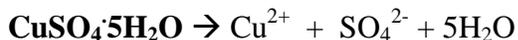
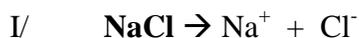
Una vez que una disolución analítica está formada y al equilibrio, es necesario conocer algunos datos útiles para su posterior uso con fines analíticos:



Se ilustran los conceptos anteriores con un ejemplo típico: una solución de sulfato de cobre en medio salino, NaCl 0.1 mol/L y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 mol/L. Para ello se mezclan 24.97 mg de CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 58.5 mg de NaCl, 645 mg de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O y agua pura c.b.p. (cuanto baste para) 10 mL.



Los procesos involucrados de disolución y al equilibrio son:



**a) *La Formalidad de los solutos.***

Para calcular la formalidad es necesario expresar *la cantidad de mol* del soluto tal y como aparece su *fórmula* en el frasco de origen, *i.e. su peso formula*, y expresarlo por volumen de solución en unidades de litro. Se calculan tantas formalidades como solutos se utilicen para formar la disolución. En este caso:

masa molecular del  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 249.7 \text{ mg/mmol}$

$$\begin{aligned} F_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} &= (24.97\text{mg}/249.7\text{mgmmol}^{-1})(1/10 \text{ mL}) \\ &= (0.1\text{mmol}/10 \text{ mL}) = 0.01 \text{ mol/L} = \text{Co} \end{aligned}$$

$$\therefore F_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 0.01 \text{ mol/L} = \text{Co}$$

masa molecular del  $\text{NaCl} = 58.5 \text{ mg/mmol}$

$$\begin{aligned} F_{\text{NaCl}} &= (58.5\text{mg}/58.57\text{mgmmol}^{-1})(1/10 \text{ mL}) \\ &= (1\text{mmol}/10 \text{ mL}) = 0.1 \text{ mol/L} = 10\text{Co} \end{aligned}$$

$$\therefore F_{\text{NaCl}} = 0.1 \text{ mol/L} = 10\text{Co}$$

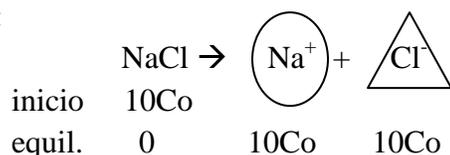
**y**  $F_{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = 0.2 \text{ mol/L} = 20\text{Co}$

La formalidad es útil para indicar la *preparación técnica* de la disolución y para su cálculo solo es necesario saber datos puntuales como la fórmula, la masa, la masa molecular y el volumen final de la solución.

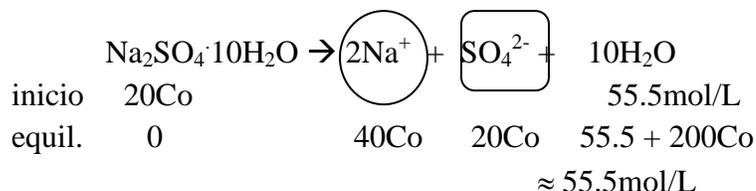
**b) La concentración total o analítica de las especies reactivas.**

Una vez formada la solución por medio de los procesos I y II arriba descritos, las especies reactivas finales al equilibrio se suman de acuerdo a los solutos que las proporcionan. Para establecer la *concentración total inicial, Co*, de dichas especies es necesario describir las *reacciones de disolución* que ocurren de acuerdo al proceso I por medio de sendas *tablas de variación de especies* de los tres solutos disueltos:

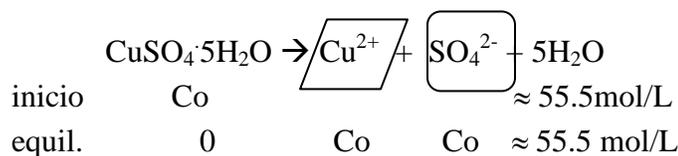
Para el NaCl:



Para el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O:



Para el CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O:



Se enmarcan las especies reactivas *iniciales* cuya *concentración molar total* o *concentración analítica total* es:

$$\text{○} \quad *C_{\text{Na}} = [\text{Na}^+]_{\text{T}} = 10C_o + 40C_o = 50C_o = 50(0.01\text{mol/L}) = 0.5 \text{ mol/L}$$

$$\text{△} \quad C_{\text{Cl}} = [\text{Cl}^-]_{\text{T}} = 10C_o = 10(0.01 \text{ mol/L}) = 0.1 \text{ mol/L}$$

$$\text{□} \quad C_{\text{SO}_4} = [\text{SO}_4^{2-}]_{\text{T}} = 20 C_o + C_o = 21C_o = 21C_o.$$

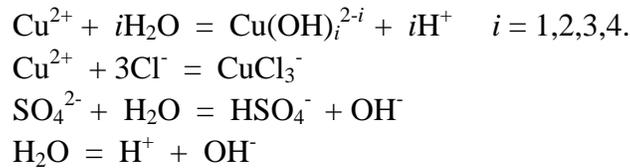
$$\text{◇} \quad C_{\text{Cu}} = [\text{Cu}^{2+}]_{\text{T}} = C_o = 0.01 \text{ mol/L}.$$

\* Se presentan las dos formas de expresar la concentración analítica total,  $C_i$  y  $[i]_T$ , sin embargo la expresión  $C_i$  predomina en la literatura actualizada.

c) **La concentración molar efectiva de las especies reactivas al equilibrio.**

Las especies reactivas disueltas interaccionan entre sí de acuerdo a las reacciones descritas en el proceso II para estos solutos. Por tanto las concentraciones molares totales *se reparten* en sendas especies generadas equilibrio:

Proceso II/ **Reacciones al equilibrio** para este ejemplo:



$$C_{\text{Na}} = [\text{Na}^+]_T = [\text{Na}^+] = 50\text{Co}$$

$$C_{\text{SO}_4} = [\text{SO}_4^{2-}]_T = [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{HSO}_4^-] = 21\text{Co}$$

$$C_{\text{Cl}} = [\text{Cl}^-]_T = [\text{Cl}^-] + 3[\text{CuCl}_3^-] = 10\text{Co}$$

$$C_{\text{Cu}^{2+}} = [\text{Cu}^{2+}]_T = [\text{Cu}^{2+}] + [\text{CuOH}^+] + [\text{Cu}(\text{OH})_2] + [\text{Cu}(\text{OH})_3^-] + [\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}] + [\text{CuCl}_3^-]$$

$$C_{\text{Cu}^{2+}} = [\text{Cu}^{2+}]_T = \sum_{i=0}^4 [\text{Cu}(\text{OH})_i^{2-i}] + [\text{CuCl}_3^-] = \text{Co} = 0.01 \text{ mol/L.}$$

d) **El balance de electroneutralidad.**

La solución al equilibrio es eléctricamente neutra, es decir el total de la suma de concentraciones molares efectivas de las especies catiónicas es igual al total de la suma de concentraciones molares efectivas de las especies aniónicas:

$$\sum z[i^{+z}] = \sum |z|[i^{-z}]$$

Para el ejemplo propuesto:

$$2[\text{Cu}^{2+}] + [\text{CuOH}^+] + [\text{Na}^+] + [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{Cl}^-] + [\text{CuCl}_3^-] + [\text{HSO}_4^-] + [\text{Cu}(\text{OH})_3^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}] + 2[\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}]$$