

Universidad Pedagógica Experimental Libertador

Instituto Pedagógico de Maracay

Departamento de Química

Prof. Arnoldo González

### Extracción Líquido-Líquido

#### Términos tratados en clase

- **p**, fracción de soluto en la capa orgánica
- **q**, fracción de soluto en la capa acuosa
- **V<sub>o</sub>**, volumen de capa orgánica
- **V<sub>a</sub>**, volumen de capa acuosa
- **V<sub>r</sub>**, relación de volúmenes
- **D<sub>c</sub>**, coeficiente de distribución
- **K<sub>p</sub>**, coeficiente de partición
- **E**, eficiencia de extracción
- **n**, número de extracciones en una extracción múltiple
- **N**, número de transferencia en una distribución a contracorriente
- **r**, número de tubo en un aparato de Craig donde se realiza la extracción a contracorriente
- **r<sub>max</sub>**, número de tubo que contiene la máxima cantidad de soluto
- **F<sub>r,N</sub>**, fracción de soluto en el tubo “**r**” luego de realizadas “**N**” transferencias
- **W**, ancho de pico en la base
- **R**, resolución de dos compuestos en una extracción a contracorriente

#### Ecuaciones tratadas en clase

a) 
$$p = \frac{D_c V_r}{D_c V_r + 1}$$

b) 
$$q = \frac{1}{D_c V_r + 1}$$

c) 
$$V_r = \frac{V_o}{V_a}$$

d) 
$$\%E = p * 100 \text{ (Eficiencia en una extracción simple)}$$

e) 
$$\%E = (1 - q^n) * 100 \text{ (Eficiencia de una extracción múltiple)}$$

$$f) F_{r,N} = \frac{N!}{(N-r)!r!} p^r q^{N-r}$$

$$g) r_{max} = np$$

$$h) \Delta r_{max} = r_{maxA} - r_{maxB}$$

$$i) W = 4\sqrt{Npq}$$

$$j) R = \frac{\Delta r_{max}}{W}$$

### Ejercicios varios

1. Considere un ácido diprótico  $H_2A$ , cuyas constantes de disociación son  $K_1$  y  $K_2$ . Encuentre una expresión para el Dc en la partición de este ácido entre una fase acuosa y un solvente orgánico
2. Cuando el yodo se distribuyó entre tetracloruro de carbono y una solución acuosa de yoduro de potasio, se obtuvieron los siguientes resultados:

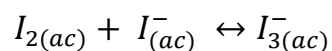
Dc	$[I^-]$ mol L <sup>-1</sup>
1,150	0,100
2,280	0,050
3,720	0,030
10,600	0,010
18,500	0,005
27,20	0,003
50,70	0,001

La concentración de yoduro representa al anión libre no asociado. Calcule el valor de la constante de formación del ión triyoduro.

3. Calcule la cantidad de soluto que permanece en la fase acuosa, cuyo volumen es de 100 mL, luego de:
  - (a) Tres extracciones con 10 mL de fase orgánica
  - (b) Una extracción con 30 mL de fase orgánica

Se conoce que Dc es igual a 50 y se comenzó con 1,5 g de soluto.
4. ¿Cuántas extracciones con porciones de 25 mL de agua son necesarias para extraer formaldehído de una solución de 50 mL de éter que contiene 5 g de soluto y se quiere que solo quede 1 mg? Dc es igual a 0,111.

5. Encuentre una expresión que permita calcular la eficiencia cuando se extrae con varias porciones de agua, una cantidad dada de soluto disuelto en un solvente orgánico.
6. Tres extracciones con porciones de 50 mL de cloroformo remueven el 97% de un soluto a partir de 200 mL de una solución acuosa. Calcule el valor de  $D_c$ .
7. Cinco extracciones con porciones de 100 mL de éter, extraen el 90% de un soluto que se encuentra en una disolución acuosa. ¿Cuántas extracciones serán necesarias para que en la capa acuosa quede la centésima parte del soluto?
8. Si se duplica el número de extracciones, la eficiencia es  $4/3$  de la correspondiente a dos extracciones con  $V_r$  igual a 1. ¿Qué porcentaje de soluto quedará en la fase acuosa si se hacen 6 extracciones con el doble de volumen de la capa orgánica?
9. Un experimento demuestra que si se duplica el volumen de benceno el porcentaje de la extracción aumenta en 4,7% al correspondiente a una extracción con volúmenes iguales de solvente. Calcule  $D_c$ .
10. Si se considera que 5 es el número de extracciones máximo conveniente y que  $\Sigma V_o$  es igual a  $V_a$ . ¿Cuál será el mínimo valor de  $D_c$  para el 99,9% de extracción?
11. William y Soper hallaron que después de agitar 1 litro de una disolución que contenía 0,03086 mol de o-nitroanilina y 0,05040 mol de HCl con 60 mL de heptano hasta el establecimiento del equilibrio a 25 °C. Se encuentra que 50 mL de la capa de heptano contenían 0,0989 g de la base libre. El coeficiente de reparto es 1,8. Calcule la constante de hidrólisis del hidrocloreto de dicha amina.
12. La técnica de extracción con solventes es un método poderoso para la evaluación de constantes de equilibrio. La constante de equilibrio para la reacción:



Fue determinada de la siguiente manera:

- (a) El coeficiente de partición para la distribución de iodo molecular entre agua y  $CCl_4$  se calculó por medio de las concentraciones de iodo en ambas fases. Por ejemplo, la titulación de 100 mL de la capa acuosa requiere de 15,72 mL de tiosulfato de sodio 0,01239 M y la titulación de 2 mL de capa orgánica requiere 23,87 mL de la misma solución titulante. A partir de allí se puede calcular el coeficiente de partición.
- (b) Posteriormente, el iodo molecular fue particionado entre  $CCl_4$  y una solución acuosa 0,1 M de KI. La titulación de 2 mL de la capa orgánica requirió de 17,28

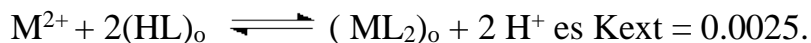
- mL de tiosulfato, mientras que una alícuota de la capa acuosa consumió 25,93 mL. Calcule a partir de esa información la constante de formación del trioduro.
13. En un proceso de Craig, algo del soluto permanece en el primer tubo sin importar el número de transferencias. Asumiendo que  $V_o = V_a$  y  $D_c = 1$ . ¿Qué fracción de soluto permanece en los primeros dos tubos después de 10 transferencias?
  14. Se quieren separar dos solutos con  $D_c$  igual a 1 y 2. Se observa que los picos de ambos solutos están separados por el ancho de un pico. ¿Cuál es el porcentaje de pureza en los tubos que contienen la máxima concentración de cada soluto? ¿En cuánto se debe aumentar el número de transferencias para que la resolución aumente al triple?
  15. Si se encuentra que los solutos A y B, tienen  $D_c$  de 0,5 y 2,0 para agua y un solvente orgánico. ¿Cuántas transferencias en el aparato de Craig se necesitan para que sus máximos en una curva de distribución difieran en 20 tubos? ¿En donde se producen los máximos?. Calcule la fracción de cada soluto presente en los tubos correspondiente a los máximos. Asuma un  $V_r$  de 1.
  16. Un ácido HA se distribuye entre cloroformo y agua en función del pH.

a) Calcular el número de extracciones sucesivas necesarias para extraer el 99.9 % de dicho ácido de una disolución acuosa de pH 6, sabiendo que el volumen de fase clorofórmica que se emplea en cada extracción es el 20% de la disolución acuosa a extraer.

b) ¿A qué pH sería posible la extracción del 50% del ácido en dos etapas manteniendo la relación de volúmenes?

Datos:  $k_{p_{HA}}=100$  ;  $K_{a_{HA}}= 1.0 \times 10^{-4}$

17. Un agente quelatante HL disuelto en un disolvente orgánico se utiliza para extraer el ion  $M^{2+}$  que se encuentra en disolución acuosa en concentración  $10^{-5}$  M. La constante del equilibrio de extracción:



a) Calcúlese el pH a partir del cual el metal se extrae cuantitativamente en la fase orgánica si 10.0 mL de disolución acuosa conteniendo  $M^{2+}$ , se agita con 10.0 mL de disolución orgánica de HL 0.010 M.

b) ¿Cuál es el pH de semiextracción del metal?

18. El Cu(II) reacciona con un agente quelatante HL para dar un complejo  $\text{CuL}_2$ , soluble en cloroformo,  $\text{CHCl}_3$ . El estudio de la composición de las fases orgánicas y acuosa, después de agitar la disolución acuosa de cobre (II)  $1.00 \times 10^{-4}$  M con una disolución 0.0100 M de HL en cloroformo, dio como resultado que las concentraciones analíticas de cobre en las dos fases eran iguales a pH 5.65.

a) Escribir las ecuaciones que describen los equilibrios del sistema

b) Calcular la constante de extracción

c) Calcular la razón de distribución del sistema a pH 6.0

d) Si se piensa extraer una concentración de  $\text{Cu}^{2+}$   $5.00 \times 10^{-5}$  M de 50.0 ml de una disolución tamponada a pH 6.00 con porciones de 25.0 ml de HL 0.0100 M en  $\text{CHCl}_3$ , ¿cuántas extracciones se necesitarían para eliminar al menos el 99% del cobre de la fase acuosa?; ¿y para el 99.9%?

19. El coeficiente de distribución entre agua y octano del 2,4,6-triclorofenol (TCF) es de 3980, y el del 2,4-dinitrofenol (DNF) es de 33.9. Con los datos que se indican, se desea saber si es posible la separación de estos fenoles en una sola etapa, en un porcentaje superior al 98% para la especie que más se extrae y en 2 % para el que menos se extrae, sabiendo que se utiliza un volumen de agua cinco veces superior al volumen de octano.

Datos:  $\text{pK}_a(\text{TCF}) = 6.0$ ,  $\text{pK}_a(\text{DNF}) = 3.9$

20. Una cierta especie A posee una constante de distribución  $K_D=2$ . Se desea determinar:

a) La fracción de soluto que queda sin extraer en la fase acuosa y el rendimiento de la extracción utilizando una única extracción con  $V_o=V_a$

b) Lo mismo que en a) tras cinco extracciones sucesivas con la misma cantidad total de disolvente orgánico que de fase acuosa

c) Lo mismo que en a) tras cinco extracciones con el mismo volumen de fase orgánica cada vez que de fase acuosa

d) ¿Con cuántas etapas se podría extraer este compuesto cuantitativamente empleando el mismo volumen de fase acuosa y de fase orgánica en cada una de las etapas?

e) ¿Cuál debería ser la constante de distribución para conseguir un rendimiento de la extracción del 99.9% en tres extracciones sucesivas empleando en cada etapa volúmenes de fase orgánica idénticos entre sí e iguales al volumen de fase acuosa?

21. El coeficiente de distribución entre agua y cloroformo de un analito A es de 12.3. Calcular la cantidad de analito recuperado cuando se extraen 50 mg en 50 ml de agua con las siguientes cantidades de disolvente orgánico:

a) Una porción de 50 ml

b) Dos porciones de 25 ml

c) Cinco porciones de 10 ml

22. Un ácido orgánico tiene un valor de  $K_D$  de 150 cuando su disolución acuosa se extrae en triclorometano. A pH=5 el valor de  $D_c$  es 12. Calcular el porcentaje de extracción del ácido en 25 ml de triclorometano cuando se parte de una disolución de dicho ácido en 100 ml de agua a pH 5

