

## PRÁCTICA-5

### ESTUDIO DE LA CAPACIDAD AMORTIGUADORA DE DISOLUCIONES REGULADORAS

#### FUNDAMENTO DE LA PRÁCTICA

En esta experiencia prepararemos una disolución reguladora, determinaremos su pH y analizaremos su capacidad amortiguadora, midiendo la variación de pH que experimenta dicha disolución al adicionarle pequeñas cantidades de un ácido fuerte y de una base fuerte.

Una disolución reguladora, también llamada amortiguadora o disolución tampón, es aquella en la que el pH permanece relativamente constante cuando se le agregan pequeñas cantidades de un ácido o una base fuertes. Las disoluciones reguladoras tienen dos componentes y están formadas por:

- Un ácido débil (HA) y una sal de este ácido que contenga su base conjugada ( $A^-$ ). Un ejemplo de tampón ácido es una disolución con concentraciones similares de ácido acético ( $CH_3COOH$ ) y acetato de sodio ( $NaCH_3COO$ ).
- Una base débil (B) y una sal de esta base que contenga su ácido conjugado ( $BH^+$ ). Un ejemplo de tampón básico es una disolución con concentraciones similares de amoníaco,  $NH_3$ , y cloruro de amonio,  $NH_4Cl$ .

La especie ácida de la disolución reguladora se denomina “*reserva ácida*” mientras que la parte básica de la disolución reguladora se denomina “*reserva básica o alcalina*”. La capacidad amortiguadora depende de la cantidad (concentración) de reserva ácida y básica que tenga la disolución reguladora.

#### MATERIAL Y REACTIVOS

| Material  | Reactivos                       |
|---|---------------------------------|
| 8 tubos de ensayo   | Ácido acético, 1 M              |
| Gradilla  | Acetato de sodio, 1 M           |
| Pipetas Pasteur (cuentagotas)                                 | Hidróxido de sodio, NaOH, 0,1 M |
| Varilla de vidrio   | Ácido clorhídrico, HCl, 0,1 M   |
| 12 trocitos de papel indicador de, aproximadamente, 5 mmx5 mm | Fenolftaleína                   |
|   | Anaranjado de metilo            |

**MÉTODO EXPERIMENTAL**

Preparar, en un vaso de precipitados limpio, una disolución reguladora de HAc/NaAc, mezclando 10 mL de una disolución de NaAc 1 M, con 10 mL de una disolución de HAc 1 M.

A continuación tomar 8 tubos de ensayo bien limpios y formar cuatro parejas según se muestra en el esquema dibujado más abajo.

- (a) Adicionar 4 mL de la disolución reguladora preparada a cada uno de los tubos 1 a 4.
- (b) Adicionar 4 mL de agua a los tubos 5 a 8.
- (c) Añadir dos gotas de fenolftaleína a cada uno de los tubos 1, 2, 5 y 6.
- (d) Añadir dos gotas de anaranjado de metilo a cada uno de los tubos 3, 4, 7 y 8.

***Anotar del color que presenta cada disolución y determinar el pH con papel indicador<sup>1</sup>***

- (e) A continuación, añadir 1 mL de HCl 0,1 M en cada uno de los tubos 1, 3, 5 y 7.
- (f) Finalmente, añadir 1 mL de NaOH 0,1 M en cada uno de los tubos 2, 4, 6 y 8.

***Anotar los cambios de color, si los ha habido, y determinar el nuevo pH, con papel indicador***

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| 1 mL HCl(ac)<br>↓                      | 1 mL NaOH(ac)<br>↓                     | 1 mL HCl(ac)<br>↓                             | 1 mL NaOH(ac)<br>↓                            |
| (1) Disolución tampón<br>Fenolftaleína | (2) Disolución tampón<br>Fenolftaleína | (3) Disolución tampón<br>Anaranjado de metilo | (4) Disolución tampón<br>Anaranjado de metilo |
| (5) H <sub>2</sub> O<br>Fenolftaleína  | (6) H <sub>2</sub> O<br>Fenolftaleína  | (7) H <sub>2</sub> O<br>Anaranjado de metilo  | (8) H <sub>2</sub> O<br>Anaranjado de metilo  |

**Complete las cuestiones indicadas en: 2, 3, 4 y 5 antes de acudir al laboratorio**

<sup>1</sup> Ver tabla de indicadores en el anexo

Número de mesa:

APELLIDOS: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_

1.- Complete el siguiente cuadro.

| Tubo | Contenido        | Indicador     | Color disolución | pH | Reactivo añadido | Color disolución | pH |
|------|------------------|---------------|------------------|----|------------------|------------------|----|
| 1    | Tampón           | Fenolftaleína |                  |    | HCl              |                  |    |
| 2    | Tampón           | Fenolftaleína |                  |    | NaOH             |                  |    |
| 3    | Tampón           | Anar. Metilo  |                  |    | HCl              |                  |    |
| 4    | Tampón           | Anar. Metilo  |                  |    | NaOH             |                  |    |
| 5    | H <sub>2</sub> O | Fenolftaleína |                  |    | HCl              |                  |    |
| 6    | H <sub>2</sub> O | Fenolftaleína |                  |    | NaOH             |                  |    |
| 7    | H <sub>2</sub> O | Anar. Metilo  |                  |    | HCl              |                  |    |
| 8    | H <sub>2</sub> O | Anar. Metilo  |                  |    | NaOH             |                  |    |

2.- Calcule, de manera teórica, el pH de la disolución reguladora utilizada y compare el resultado con los obtenidos experimentalmente.  $K_a$  (HAc) =  $1,8 \times 10^{-5}$ . Considere volúmenes aditivos.

3.- Determine, de manera teórica, el pH de los tubos 5 y 6 y compare el resultado con los obtenidos experimentalmente. Considere volúmenes aditivos.

---

 tubo 5:
 

---

 tubo 6:
 

---

4.- Escriba, los procesos ácido-base que tienen lugar en los tubos 1, 3, 5 y 7, y explique el por qué de cada uno de los valores de pH observados.

| tubos               | Equilibrio ácido-base |
|---------------------|-----------------------|
| 1 y 3               |                       |
| <i>Explicación:</i> |                       |
| 5 y 7               |                       |
| <i>Explicación:</i> |                       |

5.- Escriba, los procesos ácido-base que tienen lugar en los tubos 2, 4, 6 y 8, y explique el por qué de cada uno de los valores de pH observados.

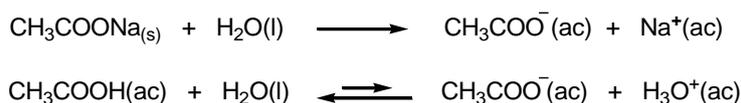
| tubos               | Equilibrio ácido-base |
|---------------------|-----------------------|
| 2 y 4               |                       |
| <i>Explicación:</i> |                       |
| 6 y 8               |                       |
| <i>Explicación:</i> |                       |

## FUNDAMENTO TEÓRICO

Una **disolución reguladora**, amortiguadora o tampón está formada por un ácido débil y una sal que contenga su base conjugada, o bien por una base débil y una sal que contenga su ácido conjugado. Ambos componentes deben estar presentes.

La disolución reguladora tiene la capacidad de resistir los cambios de pH cuando se adicionan pequeñas cantidades de un ácido o de una base fuertes. Una disolución amortiguadora debe contener una concentración relativamente grande de ácido para reaccionar con los iones hidroxilo que se le añadan; y también debe contener una concentración semejante de base para neutralizar los iones hidronio que se le añadan. La cantidad de ácido o base que se puede agregar a una disolución amortiguadora antes de cambiar de forma significativa su pH se denomina **capacidad amortiguadora**.

En una disolución reguladora que contiene ácido acético y acetato de sodio, ambas especies se ionizan para dar iones acetato (ión común). El acetato de sodio es un electrolito fuerte, y **se ioniza por completo** en disolución, mientras que el ácido acético es un ácido débil, y se ioniza sólo en parte.



**De acuerdo con el principio de Le Châtelier la adición de iones acetato, provenientes del acetato de sodio, disminuye la ionización del  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (efecto de ión común). Por ello, puede considerarse que:**

- La concentración del anión acetato en el equilibrio, es prácticamente igual a la concentración inicial de la sal:  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]_k \approx [\text{sal}]_o$
- Por la misma razón, la concentración de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  en el equilibrio es prácticamente igual a la adicionada inicialmente:  $[\text{CH}_3\text{COOH}]_k \approx [\text{ácido}]_o$

Por consiguiente se puede establecer que:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \approx \frac{[\text{sal}]_o[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_o}$$

De donde,

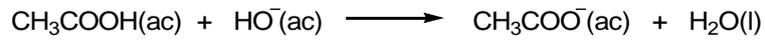
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_o}{[\text{sal}]_o}$$

Se observa que el pH depende de la relación de concentraciones de la sal y del ácido y, por consiguiente, no ha de variar con la dilución, porque la citada relación permanecerá invariable entre ciertos límites.

Si a esta disolución reguladora se le añade una pequeña cantidad de ácido, aunque éste sea fuerte, la base conjugada de la disolución reguladora (iones  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) consumirá los iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  procedentes del ácido de acuerdo con el equilibrio:



Si, por el contrario, se adiciona una base, la reserva ácida de la disolución reguladora (ácido acético) neutralizará los iones  $\text{HO}^-$  procedentes de la base según el siguiente equilibrio:



Estas reservas básicas y ácidas constituyen el fundamento del poder amortiguador de las disoluciones tampón. La capacidad amortiguadora depende de la cantidad de ácido y de base conjugada que tenga la disolución.

Algunas disoluciones reguladoras comunes son:

- ácido acético/ión acetato (sal de sodio o potasio),  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{ac})/\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{ac})$
- ácido fluorhídrico/ión fluoruro (sal de sodio o potasio),  $\text{HF}(\text{ac})/\text{F}^-(\text{ac})$
- cloruro de amonio/amoniaco,  $\text{NH}_4^+(\text{ac})/\text{NH}_3(\text{ac})$
- ácido láctico/ión lactato (sal de sodio o potasio),  $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{H}(\text{ac})/\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-(\text{ac})$