9. CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN DE UN ANTIÁCIDO

Objetivos

Calcular los gramos de soluto necesarios y preparar un volumen dado de solución de concentración específica.
Comprender los principios básicos del equilibrio ácido–base
Aprender a realizar titulaciones ácido–base
Determinar (y comprobar con lo que dice en la etiqueta) la capacidad de neutralización de un antiácido.

Introducción

Preparación de Soluciones: Para una persona que trabaje en un laboratorio de Química es de suma importancia saber preparar, manejar e interpretar cuantitativamente las soluciones, ya que muchas reacciones químicas ocurren en solución. Una **solución** es una mezcla homogénea de sustancias puras a nivel de partículas; no se pueden distinguir los componentes, ya que forman una sola fase. Las partículas de un reactivo que está disuelto se encuentran separadas entre sí, rodeadas de partículas del disolvente. Esto aumenta su movilidad y la probabilidad de chocar con partículas de algún otro reactivo de modo que pueda ocurrir una reacción. Las disoluciones en las que el agua es el medio de disolución se llaman **disoluciones acuosas.**

USO DEL MATRAZ VOLUMÉTRICO EN LA PREPARACION DE SOLUCIONES. El matraz volumétrico (figura 1) se utiliza para medir un volumen específico de un líquido, por lo que contiene una sola marca de calibración. Es el envase apropiado para preparar una solución cuya concentración deba conocerse con mucha precisión, ya que ha sido calibrado para este uso. Al tener una sola marca de calibración, y no una escala, la información sobre la precisión del volumen medido en este matraz debe obtenerse del fabricante o determinarse experimentalmente, La incertidumbre en el volumen de un líquido medido en un matraz volumétrico depende de la calidad y el tamaño del matraz, los valores típicos de la incertidumbre de matraces volumétricos son:

$$100 \text{ mL} \pm 0{,}08 \text{ mL}$$
$$200 \text{ mL} \pm 0{,}10 \text{ mL}$$

De esta información se desprende que la forma correcta de anotr un volumen medido en un matraz volumétrico de 100 mL es 100,00, mientras uq para un matraz de 200 mL se debe anotar 200,0 mL. Un matraz volumétrico nunca se debe calentar o llenarse con soluciones calientes, ya que, debido a la expansión y contracción del vidrio por cambios en temperatura, hacer esto causará que el matraz pierda su calibración.

Para preparar una solución se transfiere el soluto cuantitativamente (sin que hay pérdida) al matraz volumétrico. Si el soluto es un sólido, puede transferirse directamente al matraz o puede disolverse previamente en un poco de disolvente y transferir cuantitativamente esta solución al matraz. Una vez hecho esto, se añade disolvente poco a poco y agitando la mezcla, Antes de que el líquido llegue al cuello del matraz, la agitación debe ser en forma circular. Una vez el líquido llegue al cuello, se añade disolvente hasta un poco antes de la marca de calibración del matraz. Luego de esto, se utiliza un gotero para añadir

el disolvente gota a gota, hasta que la parte baja del menisco coincida exactamente con la marca de calibración. Si el nivel del líquido sobrepasa la marca de calibración, no debe remover el líquido en exceso. La solución debe descartase y se debe preparar una nueva solución. Una vez que el menisco coincide con la marca de calibración, se tapa herméticamente el matraz y se agita invirtiéndolo para asegurarse de que la mezcla sea homogénea.

PREPARACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE UN SOLUTO SÓLIDO. Una vez que se conoce la molaridad y el volumen de solución que se preparará, se selecciona el matraz volumétrico apropiado. Se calculan los gramos del soluto sólido que se necesitan para preparar la solución y se presa cuidadosamente una muestra de soluto lo más cercana posible al valor calculado. Luego se procede a preparar la solución según se describió anteriormente, como se observa en la figura 1.

Figura 2. Preparación de soluciones

PREAPARACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DILUÍDA A PARTIR DE UNA SOLUCIÓN CONCENTRADA. Es importante saber preparar soluciones diluidas a partir de una solución ya preparada. Al llevar a cabo este proceso de **dilución**, la concentración de la solución se altera porque se añade disolvente a una muestra de la solución original permanecen iguales antes y después de diluir.

Para preparar un volumen dado de solución de concentración menor (**solución diluida**) se toma una **alícuota** de la solución original y se le añade disolvente hasta completar el volumen de solución que se quiere preparar, de modo que los moles de soluto contenidos en la alícuota de solución original (**n_o**) serán iguales a los moles de soluto contenidos en la solución diluida (**n_d**). Como los moles de soluto contenidos en cualquier solución se obtienen multiplicando **M × V,** se puede expresar esta información en forma de ecuación matemática (ecuaciones 3 y 4).

$$n_0 = n_d \qquad \textbf{\textit{Ecuación 3}}$$

$$M_o V_o = M_d V_d \qquad \textbf{\textit{Ecuación 4}}$$

Esta ecuación aplica siempre que se hace una dilución y da una relación matemática entre cuatro variables. Si se conoce tres de estas variables, se puede calcular la cuarta, de modo que si se conoce la concentración de la solución original (**M_o**), el volumen de solución diluida que se quiere preparar (**V_d**) y la molaridad de la solución diluida (**M_d**), se puede calcular el volumen de solicitud original (**Vo**) que se debe utilizar. Para esto se resuelve la ecuación anterior V_o en la ecuación 5.

$$\boldsymbol{V_0} = \frac{M_d V_d}{M_o} \qquad \textbf{\textit{Ecuación 5}}$$

Para preparar la solución diluida se utiliza una **pipeta** para medir cuidadosamente el volumen de solución original calculado. Se añade la alícuota de solución original a un matraz volumétrico de capacidad igual ala volumen de solución que se quiere preparar y se añade disolvente hasta llegar a la marca, agitando bien para obtener una mezcla homogénea, como se observa en la figura 2. Se debe enfatizar en que al preparar

soluciones diluidas a partir de soluciones concentradas de **ácidos fuertes**, es necesario tomar precauciones especiales. Si el ácido fuerte se coloca en el envase primero, al añadir el agua se liberarán grandes cantidades de calor, lo cual causará que la mezcla comience a hervir y salpique fuera del envase. Para evitar esta situación peligrosa, se añade primero bastante agua al envase y luego se añade el ácido. La solución resultante estará diluida, por lo que se liberará poco calor. Finalmente se añade el agua que haga falta hasta la marca de calibración. Siempre debe recordar: **siempre se añade el ácido al agua.**

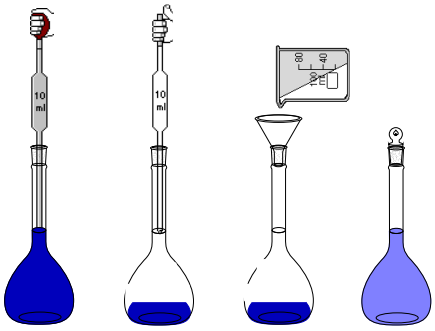

Figura 3. Preparación de diluciones

Neutralización de un antiácido: El estómago contiene células parietales que secretan ácido clorhídrico a una concentración aproximadamente de 0,155 M. Esta secreción de HCl aumenta cuando la comida entra al estómago para ayudar en la digestión. También si se bebe o se come mucho, el sistema digestivo puede generar mucho ácido. Lo que puede conducir a la acidez o indigestión. Frecuentemente se toma un antiácido para neutralizar el exceso de ácido en el estómago.

Hay muchos productos disponibles en el mercado para tratar el exceso de ácido estomacal. Muchos son bases sólidas, las cuales tienen la capacidad de neutralizar el ácido estomacal. Hay una gran similitud entre los productos comerciales, ya que la mayoría contienen el ion carbonato (CO_3^{-2}) como agente activo. El carbonato reacciona con el ácido clorhídrico en el estómago para formar ácido carbónico, el cual se descompone en dióxido de carbono y agua. Aquí se muestra del ácido con $CaCO_3$, el principal ingrediente de una de una tableta comercial.

$$CaCO_{3(s)} + H^+(ac) \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(ac)} + HCO_3^-{}_{(ac)}$$
$$HCO_3^-{}_{(ac)} + H^+_{(ac)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

El CO_2 generado es el causante de los eructos que frecuentemente son expelidos. Muchos antiácidos también contienen otros ingredientes tales como sacarosa, almidón, talco, aceite mineral, saborizantes naturales y artificiales, ácido adípico, y aditivos colorantes. Los antiácidos difieren en los cationes que contienen. Algunos contienen carbonato de sodio, algunos carbonato de calcio, y otros carbonato de magnesio. En algunos casos, el OH^- es la especie activa como en el $Mg(OH)_2$. La Tabla 1 da una lista de varias marcas comerciales de antiácidos.

Muchas personas se preocupan por disminuir el sodio en sus dietas, por ello, adicionan calcio. Aunque el sodio es necesario en una dieta, un exceso de éste, incrementa la retención de agua y lleva a un aumento de la presión sanguínea, que podría terminar en un derrame cerebral. Las comidas muy procesadas tienen un alto contenido de sodio, y por lo tanto, está presente en muchas de las dietas de la gente, en cantidades

más mucho más grandes que las necesarias. Por otro lado, el calcio actúa en la formación de huesos y dientes fuertes, y generalmente no se encuentra en ningún grado en las comidas procesadas. El consumo excesivo de antiácidos que contienen magnesio puede provocar envenenamiento por magnesio. Escoger un antiácido apropiado no es necesariamente una decisión trivial.

Tabla 1. Antiácidos comunes

Nombre del antiácido	Componente principal
Rolaids	$CaCO_3$
Tums	$CaCO_3$
Maalox	$Mg(OH)_2 + Al(OH)_3$
Leche de Magnesia	$Mg(OH)_2$
Alka-Seltzer II	$NaHCO_3 + KHCO_3$
Gaviscon	$Al(OH)_3$
Amphojel	$Al(OH)_3$

En este experimento, se determinará la capacidad de neutralización de uno o más antiácidos. El antiácido se dejará reaccionar con un exceso de ácido. El ácido que no reacciona se retro-titula con NaOH estandarizado, hasta el punto final con fenolftaleína.

RETRO-TITULACIÓN. En varias ocasiones, no es posible la titulación directa de un analito. Por ejemplo, en este experimento, no es recomendable (en la práctica) la titulación de una muestra antiácida que puede tener baja solubilidad en ácido, puesto que se tendría que esperar después de cada adición de ácido para que la reacción tenga lugar. Para superar este problema, se adiciona un exceso de ácido (sobre la cantidad de antiácido utilizado). Se deja que la reacción termine completamente, y luego se titula el exceso de ácido con una solución básica estándar. La cantidad de NaOH necesario es igual a la cantidad de ácido en exceso. Substrayendo el exceso de ácido de la cantidad de ácido adicionada inicialmente se obtiene la cantidad de ácido neutralizado por el antiácido.

Ácido neutralizado = (Ácido adicionado) – (Exceso de ácido titulado)

Aquí, el sistema pasa de ser básico, a ser ácido, más allá del punto de equivalencia (exceso de ácido). La titulación final hasta el punto de equivalencia se denomina retro-titulación.

Un aspecto crítico del procedimiento es la remoción del CO_2 de la solución, por ebullición. El CO_2 disuelto en el sistema (proveniente del carbonato en el antiácido o del agua utilizada) se convierte en ácido carbónico, H_2CO_3, el cual puede reaccionar con el NaOH. Por lo que la etapa de ebullición es esencial para remover este gas, de este modo, los resultados de la titulación determinarán únicamente el exceso de HCl adicionado a la mezcla de reacción.

Neutralización del ácido estomacal

Las etiquetas de algunos antiácidos se refieren al peso del ácido estomacal (HCl 0,15 M aproximadamente) como a la masa de antiácido que puede neutralizar. “Rolaids consume veinte veces su peso en ácido estomacal”. En este experimento puede comprobarse la veracidad de estas etiquetas.

Procedimiento Experimental

PREPARACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO 0,1 M A PARTIR DEL REACTIVO SÓLIDO PURO. Calcule la masa en gramos de NaOH necesarios para preparar 100 mL de la solución Pesar los gramos calculados en un vidrio reloj. Con mucho cuidado, diluya el soluto con una mínima porción de agua destilada en un vaso de precipitado. Trasvase la mezcla a un balón aforado de 100 mL afore y agite por inmersión. Determine la densidad de esta solución. ¿Cuál son las concentraciones porcentual y normalidad de ésta solución?

VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE NaOH USANDO UN PATRÓN PRIMARIO

Para determinar la concentración de un disolución de NaOH se realizará una titulación ácido–base usando biftalato de potasio como patrón primario (masa molar 204,2 g/mol). Para ello se deben seguir los siguientes pasos:

- Analice la ecuación química de esta reacción ácido – base y determine la relación estequiométrica correspondiente:

$$KHC_8H_4O_{4_{(ac)}} + NaOH_{(ac)} \rightarrow KNaC_8H_4O_{4_{(ac)}} + H_2O$$

- Calcule la cantidad de biftalato de potasio que se debe usar para realizar la valoración de una disolución de NaOH 0,1 M preparada en la sección anterior.
- Pese la cantidad calculada en papel parafinado o directamente en uno de los Erlenmeyers suministrados.
- En el Erlenmeyer adicione 20 mL de agua y 2 gotas de fenolftaleína. Este último es un indicador ácido–base que en medio ácido es incoloro y en medio básico presenta una coloración purpura.
- Realice el montaje de la figura 3. Llene la bureta suministrada con la disolución de NaOH de concentración desconocida, purgando previamente con una pequeña cantidad de esta solución.
- Adicione lentamente la disolución de NaOH desde la bureta al Erlenmeyer y asegúrese de agitar vigorosamente después de la agitación. Cuando inicie la aparición del color purpura tenue, disminuya la velocidad de adición. Continúe la adición gota a gota del titulante.
- Realice la lectura del volumen de NaOH adicionado cuando el color purpura se mantenga por al menos 30 segundos. Realice los cálculos correspondientes. Este proceso debe hacerlo por duplicado.

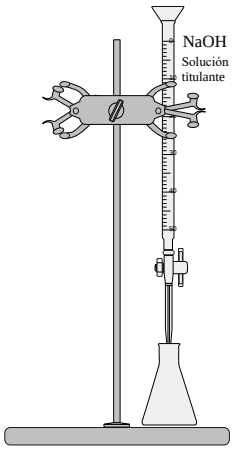

Figura 3. Montaje para la titulación Acido–Base

DETERMINACIÓN DE pH DE SUSTANCIAS CON pH-METRO

Llene vasos de precipitados con diferente líquido (Agua de grifo, agua mineral, jugo natural, leche, vinagre, aceite, HCl, NaOH). Sumerja el electrodo pH hasta el diafragma, espere la indicación de un valor estable. Registre el valor medido. Solicite al laboratorista papel tornasol, y mida el pH de cada una de las soluciones.

Procedimiento Opcional A: Microescala

Pesar una tableta de antiácido completa (±1 mg) y registrar este peso en una tabla de datos. Luego se toma tres de las tabletas y se maceran en un mortero.

Pesar y colocar aproximadamente 25 mg (±1 mg) del antiácido finamente macerado en un erlenmeyer de 50 mL y adicionar 20 mL de agua. Agitar para disolver el antiácido ya sea con un agitador magnético sobre una plancha de calentamiento, una varilla de agitación, o por agitación del matraz. Si toda la tableta no se disuelve después de 3-5 minutos, se continúa con el siguiente paso.

Adicionar una gota de fenolftaleína en solución con un gotero de capilar fino. La solución puede tornarse de color rosa en este punto. Debido a la presencia del antiácido básico. Con una pipeta graduada de 2 mL, adicionar 2,00 mL (±0,01 mL) de ácido clorhídrico (HCl 0,15 M estandarizado) y agitar bien hasta que todo el sólido se hay disuelto. La solución debería ser ácida en este punto, y por lo tanto incolora.

Adicionar un gránulo antiburbujeo (O utilizar agitación magnética) y calentar la solución por aproximadamente 5 minutos. Debería obtenerse un gran burbujeo, puesto que el CO_2 se genera a partir de la solución. Si la solución se torna rosa durante el periodo de ebullición, se enfría el matraz a temperatura ambiente y se adiciona 0,50 mL más de ácido. Asegurarse de registrar la cantidad total de HCl que se ha adicionado.

Enfriar el matraz a temperatura ambiente para luego sumergirlo en un baño de agua-hielo. Titular el ácido remanente con NaOH 0,100 M (estandarizado), utilizando una microbureta, y hasta que la primera traza de color rosa sea permanente. Nota: Tener cuidado al titular, ya que esto puede requerir solo unas pocas

gotas. Repetir este procedimiento para el mismo antiácido, y si el tiempo lo permite, hacerlo también con otros antiácidos.

Procedimiento Opcional B: Macroescala

Pesar una tableta de antiácido completa (±1 mg) y registrar este peso en una tabla de datos. Luego se toma tres de las tabletas y se maceran en un mortero.

fPesar y colocar aproximadamente 250 mg (±1 mg) del antiácido finamente macerado en un erlenmeyer de 125 mL y adicionar 50 mL de agua. Agitar para disolver el antiácido ya sea con un agitador magnético sobre una plancha de calentamiento, una varilla de agitación, o por agitación del matraz. Si toda la tableta no se disuelve después de 3-5 minutos, se continúa con el siguiente paso.

Adicionar una gota de fenolftaleína en solución con un gotero de capilar fino. La solución puede tornarse de color rosa en este punto. Debido a la presencia del antiácido básico. Con una pipeta graduada de 25 mL, adicionar 20,00 mL de ácido clorhídrico (HCl 0,15 M estandarizado) y agitar bien hasta que todo el sólido se hay disuelto. La solución debería ser ácida en este punto, y por lo tanto incolora.

Adicionar un gránulo antiburbujeo (O utilizar agitación magnética) y calentar la solución por aproximadamente 5 minutos. Debería obtenerse un gran burbujeo, puesto que el CO_2 se genera a partir de la solución. Si la solución se torna rosa durante el periodo de ebullición, se enfría el matraz a temperatura ambiente y se adiciona 1,00 mL más de ácido. Asegurarse de registrar la cantidad total de HCl que se ha adicionado.

Enfriar el matraz a temperatura ambiente para luego sumergirlo en un baño de agua-hielo. Titular el ácido remanente con NaOH 0,100 M (estandarizado), utilizando una bureta de 50 mL, y hasta que la primera traza de color rosa sea permanente. Nota: Tener cuidado al titular, ya que esto puede requerir solo unas pocas gotas. Repetir este procedimiento para el mismo antiácido, y si el tiempo lo permite, hacerlo también con otros antiácidos.

Estudio Opcional Adicional

Utilizar un pH-metro para verificar que la fenolftaleína cambia de color en el punto de equivalencia (donde el pH se eleva rápidamente).Para muchas bases (y para algunas soluciones que contengan bases débiles en el punto de equivalencia) la fenolftaleína no es un indicador exacto en el punto de equivalencia. Por ejemplo, $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ y $Al(OH)_3$ son bases débiles.

CUESTIONARIO

- Compare los valores de pH encontrados para le punto final de la valoración del ácido fuerte.. ¿Por qué se presentan las diferencias observadas?
- ¿Qué pasa con el resultado final al realizar un mal uso de la pipeta aforada adicionando un valor menor al indicado por la línea de afore de la pipeta?
- ¿Qué otros indicadores químicos pueden servir para realizar las titulaciones de los dos ácidos trabajados?
- ¿Qué es una titulación potenciométrica? ¿Qué es una solución reguladora y cómo actúa?