

Titulación en Pequeña Escala

Ana María Mutio Rico¹

Introducción

Actualmente hay una gran necesidad de preparar mejores clases para nuestros estudiantes, introduciendo actividades que nos ayuden a engancharlos al tema que estamos estudiando, para que adquieran un aprendizaje significativo, además de habilidades en el análisis y síntesis de la información. El poder realizar prácticas experimentales, es una de nuestras herramientas para lograr este objetivo. Y más aún cuando estamos trabajando a distancia. Si podemos hacerles llegar un kit con los reactivos necesarios para hacer algunos experimentos, este trabajo daría frutos y sería sensacional.

Lo interesante será lograr que los alumnos trabajen mediante esta técnica de pequeña escala siempre guiados por su profesor. Lo que actualmente se hace en muchas universidades de Estados Unidos, Canadá, Inglaterra y España, hasta donde yo sé.

Al trabajar con “Química gota a gota” se usará un mucho menor volumen de reactivos, ya que se trabaja con pequeños volúmenes salidos de una pipeta de transferencia; así como material muy económico, porque todo es de plástico, incluso reciclado, lo que también reducirá el costo de materiales de trabajo de laboratorio.

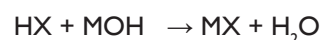
Se mostrará cómo mediante esta técnica didáctica, se logra titular correctamente un ácido fuerte, como es el ácido clorhídrico, con una base fuerte, como es el hidróxido de sodio, tal como si lo estuviéramos trabajando con la disolución en una bureta, y disoluciones de concentración desconocida en matraces Erlenmeyer, a gran escala.

Y esta reacción, en este formato, sí se puede llevar al salón de clase, porque no se requiere el laboratorio para lograr llevar a cabo el experimento; pero también se puede utilizar en una clase en la que se revisa lo que es una reacción estequiométrica, o bien un ejemplo de reacciones en equilibrio químico.

El pH es una escala numérica que utilizamos para conocer la acidez o la basicidad de una disolución acuosa. Nos indica la concentración de protones (iones H^+ o bien, iones hidronio H_3O^+) presentes en una disolución. (A Garritz y col., 2005.)

Cuando hablamos de titulación ácido – base, nos referimos a una técnica de laboratorio usada para conocer la concentración desconocida de la disolución de una base, a partir de su reacción estequiométrica con la disolución de un ácido de concentración conocida. El punto final de la reacción estequiométrica (punto de equivalencia) se puede determinar visualmente, por un cambio de color de un indicador de pH, que llega al color característico de neutralidad. También se podría titular un ácido con una base de concentración conocida. Inclusive, la sustancia que se titula es la de concentración conocida y el ácido o la base titulante es el reactivo cuya concentración se quiere conocer.

El punto de equivalencia en una titulación de ácido fuerte con base fuerte se presenta cuando la cantidad de sustancia del ácido es igual a la cantidad de sustancia de la base en la mezcla de reacción, como se muestra a continuación. En otras palabras, el punto de equivalencia en una titulación ácido-base se presenta cuando el número de equivalentes químicos del ácido es igual al número de equivalentes de la base en la mezcla de reacción.



X = anión

M = ion metálico alcalino

El punto de equivalencia en una titulación de ácido fuerte con base fuerte se presenta cuando la cantidad de sustancia del ácido es igual a la cantidad de sustancia de la base en la mezcla de reacción, como se muestra a continuación. Es decir, un indicador de pH, ayuda a encontrar visualmente, por su cambio de color, el punto de equivalencia. (Skoog y col., 2005.)

Práctica

A continuación, muestro el material y los reactivos necesarios para realizar la práctica, así como su procedimiento, en el salón de clase.

Material y Reactivos:

- 5 ml HCl de concentración conocida
- 5 ml NaOH de concentración desconocida
- 5 ml de indicador de pétalos de rosas
- 1 vaso de precipitados de 25 mL
- Una placa de 12 pozos pequeños (también llamado tira de mini vasos de 3 mL)
- Micropipetas o pipetas de transferencia de 20 mL
- 3 tapitas color blanco; pueden ser de leche o de jugo

Preparación del Indicador de pétalos de rosas rojas

Se pueden usar disoluciones alcohólicas para extraer indicadores coloreados, sensibles al pH, de plantas y flores, como la col morada, el betabel, la flor de cempasúchil, la flor amarilla del tulipán, la

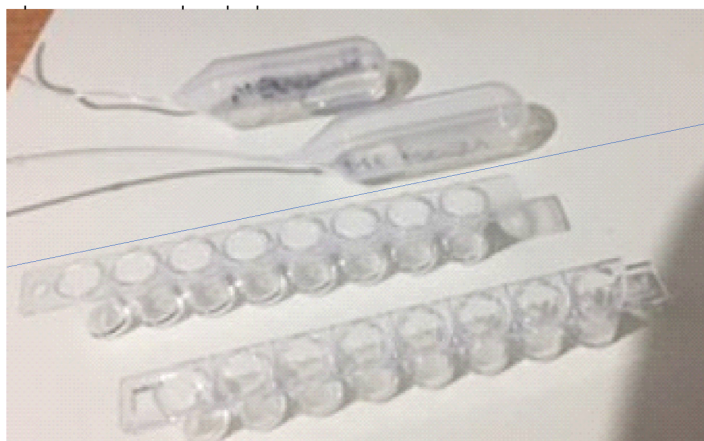


Figura 1. Materiales para la microtitulación de base fuerte con ácido fuerte.

buganvilia roja o la rosa. (Obaya, 2018)

En este trabajo se usó una flor de nochebuena, y dio muy bien el cambio de color de acuerdo con el pH de la disolución.

Cortar con tijeras los pétalos de una rosa roja (color intenso) en pedacitos, y colocarlos en un vasito pequeño o en un copa tequilera con 15 ml de etanol.

Dejar reposar por dos horas, filtrar, y colocar la disolución, de color morado claro, en el contenedor de una pipeta de transferencia, como se muestra en la Figura 2.

1. Usar tres tapitas de leche, colocar en cada una, una gota del indicador de color morado claro. En la primera agregar además una gota de ácido clorhídrico (cambiará el color a rojo) y en la tercera agregar una de hidróxido de sodio (cambiará el color



Figura 2. Foto de la flor de nochebuena utilizada (izquierda) y extracto etanólico de los sépalos rojos colocado en el contenedor de la pipeta de transferencia.

a verde), para determinar el cambio de color por el pH de las disoluciones ácida y básica. (Ver Figura 3.)

2. Usando una plaquita de 12 pozos, colocar en la tira de mini vasos, una gota del indicador con la pipeta de transferencia que lo contiene en posición vertical, con el objetivo de que las gotas siempre salgan del mismo tamaño, para poder decir que esas gotas

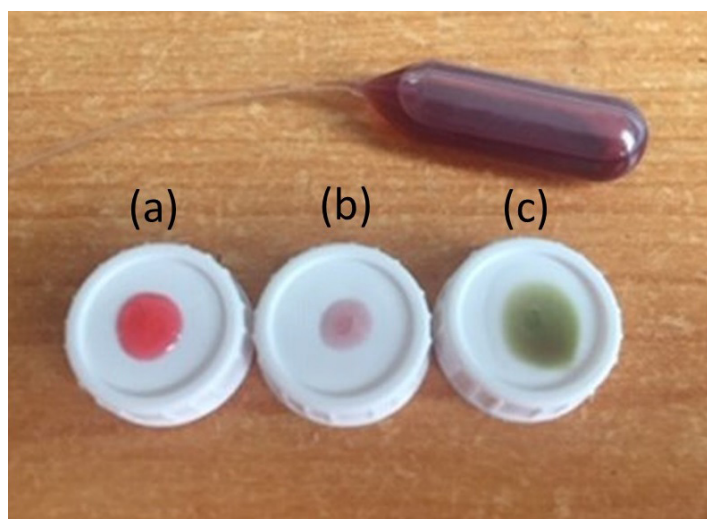


Figura 3. a) 1 gota de indicador con 1 gota de la disolución de HCl (disolución ácida). b) 1 gota de indicador (disolución neutra). c) 1 gota de indicador con 1 gota de la disolución de NaOH (disolución básica).

tienen el mismo volumen.

3. Ahora, agregar una 1 gota de la disolución de HCl en el pozo 1, luego 2 gotas de la disolución de HCl en el pozo 2 y así sucesivamente hasta el pozo 12 (en el que habrá 12 gotas de la disolución de HCl). Todas las disoluciones se verán rojitas porque

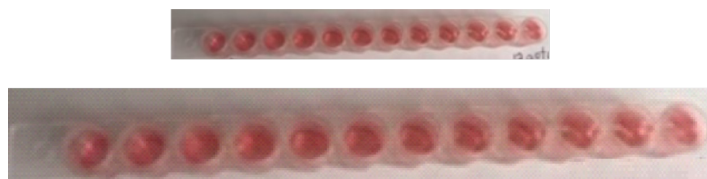


Figura 4. Tira de mini vasos con la gota de indicador ya suministrada, vista desde arriba.

el medio es ácido. Esto se muestra en la Figura 5a.

4. Lavar muy bien con agua la pipeta de transferencia que contenía el HCl; enjuagarla con la disolución de NaOH y entonces llenarla con la disolución de NaOH de concentración desconocida

5. Y ahora, en sentido inverso, colocar 1 gota de la disolución de NaOH en el pozo 12, luego 2 gotas de la disolución de NaOH en el pozo 11 y así sucesivamente hasta llegar al pozo 1 (con 12 gotas de la disolución de NaOH, como se muestra en la Figura 5b.

6. Agitar con un palillo de plástico, limpiándolo cada vez, hasta que el color en cada pozo sea homogéneo, como se muestra en la Figura 5c.

Se puede observar claramente que el cambio de pH a color neutro en nuestro experimento se da en el pozo número 8. Lo que significa que, con un volumen de 8 gotas de HCl y 5 gotas de NaOH, se alcanzó el punto de equivalencia. A partir de los datos obtenidos se pueden hacer los cálculos correspondientes.¹

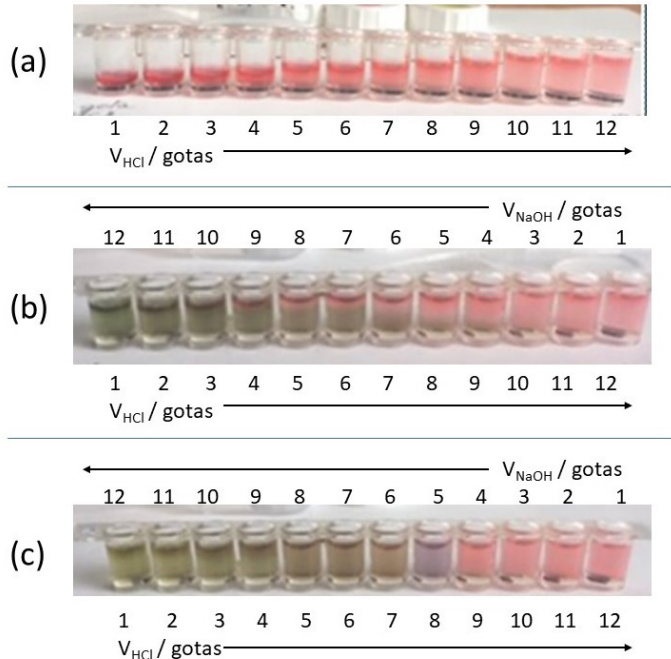


Figura 5. Experimento propuesto de microtitulación de base fuerte con ácido fuerte. a) Se ponen de 1 gota a 12 gotas en cada mini vaso (en orden creciente de izquierda a derecha). b) Se ponen de 1 gota a 12 gotas en cada mini vaso (en orden creciente de derecha a izquierda). c) Después de agitar las disoluciones se observa cuál de los vasos tiene las cantidades estequiométricas del HCl y del NaOH: es aquél en donde el color es morado.

Cálculos

El cálculo de molaridad de la disolución desconocida es válido y cuantitativo, cuando se use el mismo gotero o micropipeta para ambas disoluciones, aplicando las gotas con la micropipeta en posición vertical, porque el tamaño de la gota será el mismo.

Solo entonces se podrá usar la formula:

$$M_{NaOH} V_{NaOH} = M_{HCl} V_{HCl}$$

donde M_{NaOH} y M_{HCl} representan las molaridades de las disoluciones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico,

respectivamente, en tanto que V_{NaOH} y V_{HCl} representan los volúmenes de esas disoluciones que contienen las cantidades estequiométricas de esos reactivos.

Si en este ejemplo la concentración de HCl es 0.129 M y el cambio a color a pH neutro se dio en el pozo en el que había 5 gotas de NaOH y 8 gotas de HCl:

Como se puede ver, este método es fácil, rápido, y el aprendizaje obtenido será prácticamente el mismo que si se hiciera en el laboratorio a tamaño grande.

$$M_{NaOH} = \frac{M_{HCl} \cdot V_{HCl}}{V_{NaOH}} = \frac{0.129 M \cdot 8 \text{ gotas}}{5 \text{ gotas}} = 0.2064 M$$

Agradecimientos

Agradezco a la Dra. Ranjana Segal, de Tarrant County College en Arlington Texas, tantos aprendizajes compartidos de prácticas en pequeña escala.

Agradezco al Dr. Jorge Ibañez por haberme invitado al maravilloso Taller: Laboratorios Didácticos a Distancia. Tanto por todo el trabajo extra que le implicó, además de compartir sus conocimientos, y Yo admirada por su sencillez.

Agradezco a los miembros de la Sociedad Química de México, en especial al Dr. Ignacio González por la paciencia de organizar todo lo necesario para que disfrutáramos de este extraordinario taller, y lograrlo. Y por tantas amabilidades recibidas.

Referencias

1. Skoog, D.A., West, D. M., Holler, F.J., Crouch, S. R. Fundamentos de Química Analítica. 8a. Edición. Cap. 14. Thomson, Madrid, 2005.
2. Garritz, A., Gasque, L., Martínez, A. Química Universitaria. Cap. 16. Pearson, México, 2005.
3. Práctica 7: Indicadores ácido-base. Laboratorio de Química General. UNAM. Preparación de soluciones pH I a 14 https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/5722/mod_folder/content/0/P7_Indicadores_acido-base.pdf?forcedownload=1 Consultado el 10 de noviembre de 2021.
4. Obaya, A., Mena, M., García, R. (2018). Indicadores de pH obtenidos de flores y hortalizas. Educación Química, 10 (1) p. 54-56.

¹Nota: si no tuvieras la placa de pozos... puedes usar un pastillero vacío, quitándole el papel aluminio que cubre las pastillas. Generalmente tienen 10 pozos. Aquí se muestra un ejemplo con un solo pozo 8 con su cambio de color.