La jarra del arcoíris · Guillermo Montero Dombriz

Esta experiencia ha sido galardonada con el SEGUNDO PREMIO en la categoría Demostraciones de Química de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

La presente demostración se puede plantear para el nivel de 4.º ESO, aunque también se puede adaptar para 2.º Bachillerato.

Para la materia de Física y Química de 4.º ESO, esta demostración tiene por objetivos:

- Identificar el carácter ácido o básico de una disolución utilizando indicadores visuales cualitativos.
- Comprender la escala de pH como la medida que nos indica si una sustancia es ácida, neutra o básica.
- Aprender el uso correcto del material de laboratorio y la importancia de la seguridad en el laboratorio al manipular sustancias corrosivas como el hidróxido de sodio y el ácido sulfúrico.

En el caso de la materia de Química de 2.º Bachillerato, los objetivos son:

- Comprender el concepto de equilibrio químico aplicado a las reacciones ácido-base.
- Explicar el funcionamiento de los indicadores de pH como ácidos o bases débiles cuyas formas conjugadas presentan distintos colores.
- Comprender que el color depende de cómo la estructura molecular absorbe la luz.
- Visualizar de forma práctica el efecto de los cambios drásticos de pH mediante virajes de color.

Fundamento

Un indicador ácido-base es, por lo general, un ácido o una base orgánicos débiles (HIn) que experimenta un cambio de color reversible al ionizarse en disolución acuosa:

$$HIn \rightleftharpoons In^- + H^+$$

La forma molecular (HIn) tiene un color diferente al de su forma ionizada (In^-). Al añadir una fuente de iones OH^- (base) o de H_3O^+ (ácido) el equilibrio responde desplazándose hacia la derecha o la izquierda respectivamente, haciendo que predomine el color de la forma ionizada o de la molecular. Al cambiar la estructura molecular la forma protonada o desprotonada absorbe luz en longitudes de onda distintas, cambiando así su color.

Los indicadores empleados son:

- ***p*-nitrofenol:** incoloro en medio ácido/neutro → amarillo en medio básico

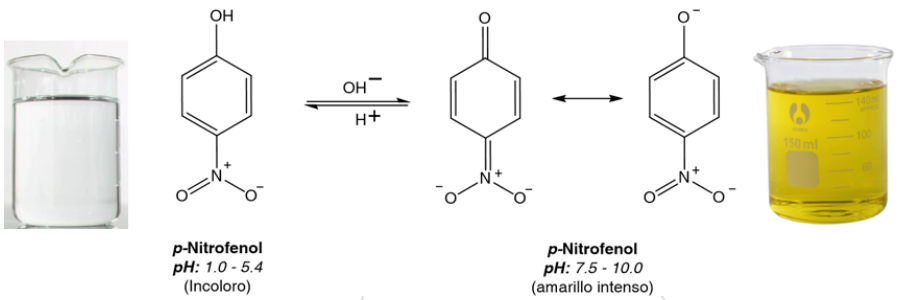


Figura 1. Viraje del p-nitrofenol. Fuente: Science Magic.

- **Timolftaleína:** incolora en medio ácido/neutro → azul en medio básico

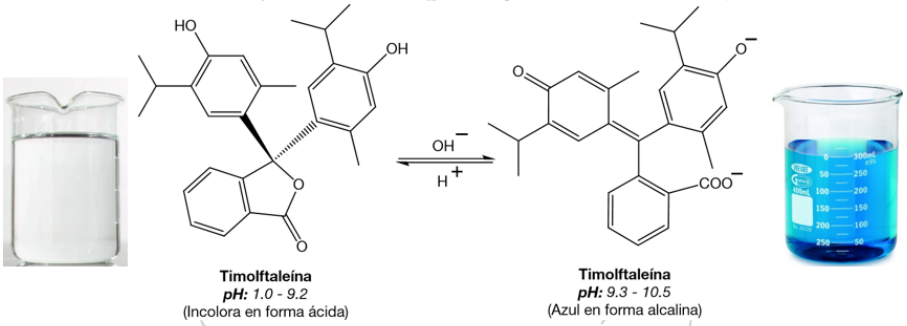


Figura 2. Viraje de la timolftaleína. Fuente: Science Magic.

- **Fenolftaleína:** incolora en medio ácido/neutro → fucsia en medio básico

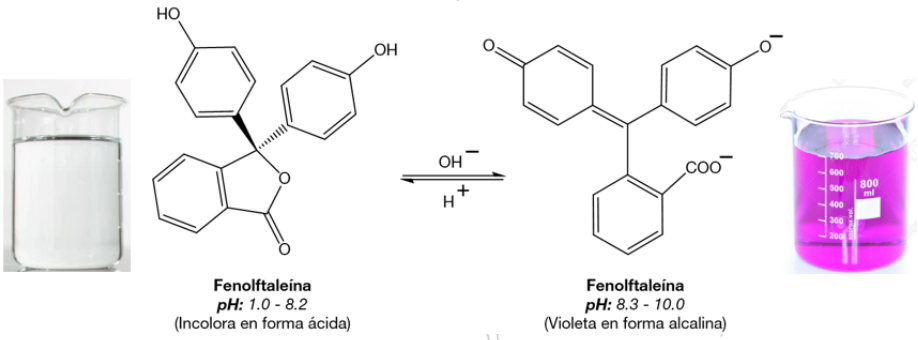


Figura 3. Viraje de la fenolftaleína. Fuente: Science Magic.

Al verter la disolución de NaOH sobre cada uno de los vasos que contienen distintas combinaciones de los indicadores el equilibrio se desplaza hacia la forma desprotonada obteniéndose los colores de los indicadores puros o bien mezclados (amarillo, verde, azul, morado y fucsia), simulando así un arcoíris.

Finalmente, al mezclar el contenido de los vasos en un único recipiente (la jarra con ácido sulfúrico) el equilibrio se desplaza a la forma incolora, haciendo así que los colores desaparezcan.

Materiales y reactivos

- 2 jarras de vidrio de 1 L ó 1,5 L.
- 5 vasos altos de vidrio (o cualquier otro recipiente adecuado).
- Disolución de hidróxido de sodio 0,05 M.
- Disolución de ácido sulfúrico 2,5 M.
- Disolución de *p*-nitrofenol al 2% $EtOH/H_2O$.
- Disolución de timolftaleína al 0,1% $EtOH/H_2O$.
- Disolución de fenolftaleína al 1% $EtOH/H_2O$.

Procedimiento experimental

Antes de comenzar la demostración se preparan los vasos "trucados", añadiendo unas gotas de los indicadores como se indica:

1. La primera jarra contiene 1 L de disolución de NaOH 0,05 M. Al ser completamente transparente parecerá que simplemente es agua.
2. La segunda jarra contiene 20 mL de H_2SO_4 2,5 M. Al ser una pequeña cantidad parecerá que está vacía.
3. En los vasos se añade las siguientes cantidades de los indicadores:
   - **Vaso 1 (amarillo):** 8 gotas de p-nitrofenol.
   - **Vaso 2 (verde):** 8 gotas de p-nitrofenol y 12 gotas de timolftaleína.
   - **Vaso 3 (azul):** 15 gotas de timolftaleína.
   - **Vaso 4 (morado):** 4 gotas de fenolftaleína y 10 gotas de timolftaleína.
   - **Vaso 5 (fucsia):** 10 gotas de fenolftaleína.

Se deja a la creatividad del docente la historia que se mostrará para realizar la demostración (agua mágica, poderes extraordinarios, jarra que contine todos los colores del arcoíris, etc.). Es interesante realizar la demostración con la participación de los alumnos.

1. Se muestra la primera jarra llena de una disolución transparente (NaOH).
2. Se vierten cantidades iguales en cada vaso (aproximadamente hasta la mitad) de manera que comiencen a aparecer la gama cromática referida en la serie de vasos.
3. Finalmente se vierte el contenido de los vasos a la segunda jarra que contiene el medio ácido, desapareciendo instantáneamente los colores dando así una apariencia mágica o sorprendente.

Conclusiones

- El uso de demostraciones en el laboratorio es un instrumento ideal para despertar la fascinación y el interés del estudiantado por la ciencia, en particular la física y la química.
- De esta forma, los alumnos y alumnas consiguen conectar los tan frecuentemente abstractos conceptos de la química con algo que conecta con sus experiencias sensibles.
- Comprender de forma tan visual un concepto tan teórico como el equilibrio químico y el cambio de color en relación con la estructura química les acerca a la ciencia como algo tangible y real que tiene aplicaciones concretas.

Guillermo Montero Dombriz
IES Profesor Domínguez Ortiz (Guadalajara)
Contacto: *guillermontdombriz@yahoo.es*

Bibliografía

- Aguilar, M; Fernández, M, Durán C. (2011); Experiencias curiosas para enseñar química en el aula. *Eduq*, 8, pp. 23-34.