

### Práctica 3 (5%): Equilibrio químico en medio acuoso (pH)

#### Objetivo General

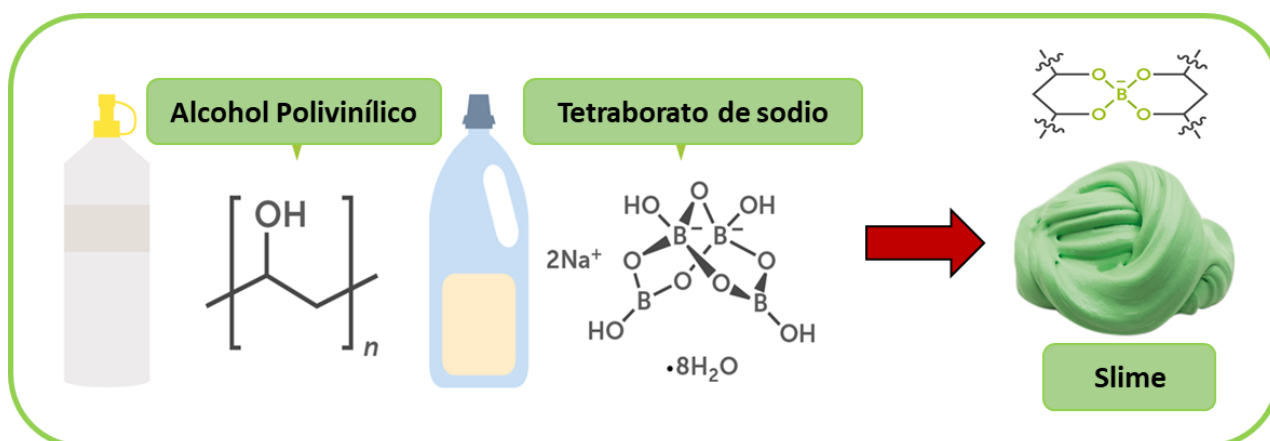
Analizar el efecto de sustancias ácidas y básicas sobre las propiedades de Slime.

#### Objetivos Específicos

- Establecer una relación entre la fluidez del Slime y el grado de reticulación en función del pH.
- Explicar cómo los iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  y  $\text{OH}^-$  afectan la reticulación del PVA – bórax basándose en los datos obtenidos.

#### Información Conceptual

El Slime se forma mediante la reacción entre **bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )** y **alcohol polivinílico (PVA)** en medio acuoso. En este proceso, el bórax actúa como un agente reticulante, formando enlaces entre las cadenas del polímero PVA, lo que da como resultado la viscosidad característica del material.

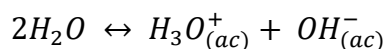


**Figura 1: reacción de bórax con alcohol polivinílico. Tomado de:** chemical & engineering news

En esta práctica, se trabajará con soluciones ácidas y básicas, fundamentales en el estudio de la química de los equilibrios iónicos. En las soluciones acuosas, el comportamiento ácido o básico está determinado por las concentraciones de los iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  y los iones  $\text{OH}^-$  (Ospina, 2001). Estas concentraciones se cuantifican mediante la escala de pH y pOH, definidas matemáticamente como:

$$pH = -\log_{10}[\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{y} \quad pOH = -\log_{10}[\text{OH}^-]$$

La relación de estos iones se establece a través del equilibrio de autodisociación del agua:



Para este equilibrio, se cumple la constante del producto iónico del agua ( $K_w$ ):

$$K_w = 1,0 \times 10^{-14} = [H_3O^+][OH^-]$$

Aplicando logaritmos a esta expresión, se obtiene una relación directa entre el pH y el pOH

$$\log_{10}[H_3O^+] + \log_{10}[OH^-] = -14 \quad \square \quad pH + pOH = 14$$

En condiciones de neutralidad, como en el agua pura, las concentraciones de ambos iones son iguales:

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 1,0 \times 10^{-7} M \quad \square \quad pH = pOH = 7$$

Las soluciones se clasifican según su pH de la siguiente manera:

- **Soluciones ácidas:**  $pH < 7$  (mayor concentración de iones  $H_3O^+$ )
- **Soluciones básicas:**  $pH > 7$  (mayor concentración de iones  $OH^-$ )

Esta relación se muestra en la siguiente escala de pH, donde se observa el rango de acidez y basicidad en función de los valores de pH:



Figura 1. Ejemplo de soluciones ácidas y básicas

---

## Reactivos y Materiales

### Reactivos:

- Bórax
- Alcohol polivinílico (PVA)
- Agua destilada
- Indicador de naranja de metilo
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0,5 M
- Ácido clorhídrico (HCl) 0,5 M

### Materiales de laboratorio:

- Beaker 250 mL (2)
- Beaker de 100 mL (4)
- Plancha de calentamiento (3)
- Probeta 20 mL y de 15 mL
- Varilla de agitación
- Espátula plana
- Pipetas pasteur (2)
- Termómetro
- Balanza analítica
- Cinta de enmascarar
- Marcador
- Regla
- Soporte universal
- pH – metro
- Tiras de pH

---

## Metodología en el Laboratorio

**Cálculos que se deben hacer previamente a la práctica de laboratorio y registrar los resultados que se van a utilizar para el desarrollo de la metodología.**

- **Cálculo preliminar 1 para preparar la solución de bórax.** Calcular la masa de bórax y el volumen de agua necesarios para preparar 70 g de solución de bórax de una concentración

1% m/m. Considerar una pureza del 100% para el bórax. **Registrar la masa bórax y el volumen de agua a utilizar si la densidad del agua es 0,998 g/mL.**

- **Cálculo preliminar 2 para preparar las soluciones de PVA.** Calcular la masa de PVA y el volumen de agua necesarios para preparar 65 g de solución 7,7% m/m. **Registrar las masas de PVA y el volumen de agua a utilizar si la densidad del agua es 0,998 g/mL.**

### 1. Preparación de la solución de bórax 1% m/m:

- Anotar pureza del reactivo y masa molar.
- En la balanza analítica pesar la masa de bórax obtenida en el cálculo preliminar 1.
- En un beaker de 250 mL adicionar la masa de bórax y el volumen de agua registrada en el cálculo preliminar 1.
- Calentar la solución de bórax hasta 50 °C.
- Agitar con una varilla de vidrio hasta obtener una solución homogénea.
- Registrar el tiempo que tarda en disolverse el bórax y observar si hay partículas insolubles.
- Dejar enfriar la solución y medir el pH con tiras indicadoras de pH.

### 2. Preparación de soluciones de PVA 7,7% m/M:

- **Anotar pureza del reactivo, masa molar y aspecto físico.**
- Determinar la masa de un beaker de 100 mL vacío. **Registrar la masa del beaker vacío.**
- Tomar tres beaker de 100 mL y adicionar en cada uno la masa de PVA obtenida del cálculo preliminar 2.
- Poner el beaker sobre la balanza y con ayuda de la espátula adiciona la masa de PVA hasta obtener el valor calculado previamente.
- Rotular los tres beaker como muestra 1, muestra 2 y muestra 3.
- Agregar a cada beaker el volumen de agua destilada calculado y calentar hasta 85 °C.
- Agitar cada mezcla con una varilla de vidrio hasta que el PVA se disuelva completamente.
- **Registrar el tiempo que tarda en disolverse.**
- Dejar enfriar las soluciones antes de utilizarlas.

### 3. Preparación del Slime:

- Añadir lentamente 15 mL de solución de bórax con una probeta de 20 mL a cada beaker con el PVA mientras se agita con una varilla.
- Adicionar 5 gotas del indicador de pH.
- Observar y registrar los cambios físicos, como viscosidad, fluidez, formación de un gel elástico, etc.

- Colocar cada beaker con el slime formado sobre una balanza analítica. **Registrar la masa del conjunto beaker - slime**

**4. Medición de propiedades:** para cada muestra de slime obtenido, observar y registrar las propiedades físicas.

Para las muestras 2 y 3 se le adiciona:

- Muestra 2: Slime + 3 mL NaOH 0,5 M
- Muestra 3: Slime + 3 mL HCl 0,5 M

NOTA: la muestra 1 sirve como punto de comparación, ya que no se le adicionará ni NaOH ni HCl

**a. Prueba de fluidez**

- Tomar una porción de la muestra 1 y colocarla en posición vertical, formando un ángulo de 90 ° con una superficie plana.
- Asegurar que la superficie esté libre de obstáculo para permitir el flujo libre del slime.
- Medir el tiempo que tarda en recorrer una distancia de 10 cm. **Registrar el tiempo.**
- Repetir la prueba para muestra 2 y muestra 3.
- Observar si hay cambios en la fluidez. **Anotar el tiempo que tarde en recorrer la superficie.**

**b. Apariencia:** para cada muestra de slime, describir sus propiedades físicas como el color, transparencia y textura.

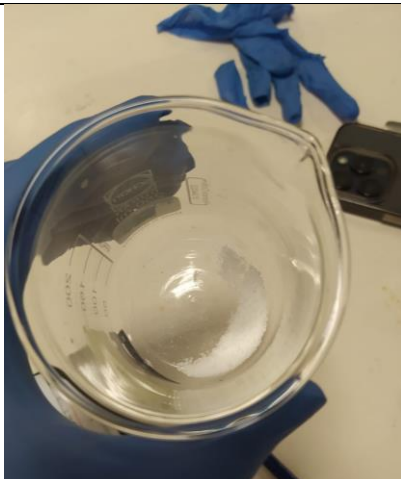
- Tocar la superficie del slime (usando guantes) para identificar si es pegajoso o suave.
- Comparar las tres muestras y anotar cualquier diferencia, como:
  - Si una es más opaca que las otras.
  - Si el color cambió al adicionar el HCl o el NaOH
  - Si alguna muestra tiene grumos o partículas visibles.

## Formato de Registro

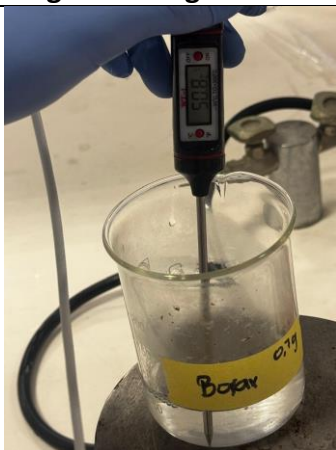
### 1. Preparación de la solución de bórax:

**a. Registro sobre el bórax**

Pureza del reactivo bórax (%)	100%	Registro fotográfico solución bórax
Masa molar del bórax (g/mol)	381.38 g/mol	
Densidad del bórax (g/mL)	0.8 - 1.20g/ml	


Color, textura	Blanca	
----------------	--------	--

**b. Registro sobre la solución de bórax**



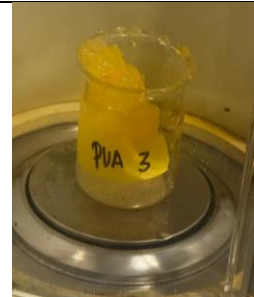
Solución de bórax		Registro fotográfico solución bórax
Masa del bórax (g)	0.7g	
Masa del agua a emplear (g)	69.3g	
Color, textura	Transparente	
Volumen de agua a calentar (mL)	60.43ml	
Tiempo de disolución (min)	2 min 6 sec	
¿Partículas insolubles?	No	
Volumen final de bórax (mL)	69.43ml	
pH experimental de la solución	6	

**2. Preparación de soluciones de PVA al 7,7 % m/m**


**a. Registro sobre el PVA**

Pureza del reactivo (%)	100%	Registro fotográfico PVA
Masa molar del PVA (g/mol)	44.05 g/mol	
Densidad (g/mL)	1.19 g/ml	
Color, textura	Blanca	

**b. Registro soluciones de PVA 7,7% m/m:**

	<b>Solución 1</b>	<b>Solución 2</b>	<b>Solución 3</b>
<b>Masa de PVA (g)</b>	<b>5.005g</b>	<b>5.005g</b>	<b>5.005g</b>
<b>Masa del agua a emplear (g)</b>	<b>59.995g</b>	<b>59.995g</b>	<b>59.995g</b>
<b>Color, textura</b>	<b>Transparente, muy denso</b>	<b>Transparente, muy denso</b>	<b>Transparente, muy denso</b>
<b>Volumen de agua a calentar (mL)</b>	<b>60.12ml</b>	<b>60.12ml</b>	<b>60.12ml</b>
<b>Tiempo de disolución (min)</b>	<b>30 min</b>	<b>30 min</b>	<b>30 min</b>
<b>¿Partículas insolubles?</b>	<b>No</b>	<b>No</b>	<b>No</b>
<b>Volumen de PVA final (mL)</b>	<b>60.12ml</b>	<b>60.12ml</b>	<b>60.12ml</b>
<b>Registro fotográfico</b>			


**3. Preparación del Slime**

<b>Muestra</b>	<b>Volumen de PVA final (mL)</b>	<b>Volumen solución de bórax (mL)</b>	<b>Observación</b>	<b>Registro fotográfico</b>
<b>1</b>	<b>60.12ml</b>	<b>15ml</b>	<b>Muy transparente de color, muy viscosa, algo densa y pegajosa</b>	


2	60.12ml	15ml	Mas transparente de color, mucho mas viscosa, densa y pegajosa, la sustancia se despedaza facilmente	
3	60.12ml	15ml	Poco transparente, mucho más roja en color, mas liquida y menos densa.	

#### 4. Medición de propiedades

##### a. Prueba de fluidez

Muestra	Volumen adicionado de ácido o base (mL)	Tiempo (s)	Distancia (cm)	Observación	Registro fotográfico
1	N/A	2 min, 10 sec	10 cm	Esta solucion tardo un largo periodo en estirar por su alta densidad.	



2	3ml	6 min	10 cm	Esta se tardo el doble se tiempo en estirar, por su alta densidad sin embargo se despedazo al final.	
3	3ml	N/A	N/A	La prueba de fluidez no es posible de hacer con esta solucion dado que es liquida.	

## Conclusiones

Para concluir, en este laboratorio, se hicieron tres muestras iguales de una mezcla de Bórax y PVA, y cada una con un diferente cambio. Basándonos en conceptos de reacciones de ácidos, bases, neutralización y pH, se han podido medir los cambios de propiedades en una solución. Algunos tienden a tornarse más fuertes dado que se les agrega más sustancia de su grupo funcional, mientras otros tienden a neutralizarse dado a la mezcla entre ácido y base. Algunos se vuelven más líquidos mientras otros se vuelven más sólidos. En general, sus propiedades físicas como, su densidad, volumen, peso y masa pueden cambiar de un extremo al otro. En general, la experiencia facilitó la comprensión de cómo la adición de ácidos y bases pequeñas variaciones en la pureza en los reactivos pueden modificar significativamente las características físicas de un material.

Adicionalmente, se mostró que factores como impurezas, la temperatura, las inconsistencias en el momento de mezclarlas y precisión en la medición pueden afectar los resultados experimentales, tal como se evidenció al comparar el pH teórico y el pH medido destacando la importancia del control experimental y la observación detallada en el estudio de sustancias en medio acuoso.

- a. **Respuesta A:** El anaranjado de metilo es una sustancia indicadora ácido-base con el siguiente comportamiento:
  - Rango de pH del cambio de color: entre 3,1 y 4,4.
  - Color en medio ácido ( $\text{pH} < 3,1$ ): rojo.
  - Color en medio básico ( $\text{pH} > 4,4$ ): amarillo.
  - En el pH intermedio (3,1 - 4,4): aparece una transición de naranja.
- b. **Respuesta B:** Dependiendo del tipo de sustancias con las que se estén trabajando, se pueden utilizar:

Fenolftaleína:

- $\text{pH} < 8,2$ : incoloro.
- $\text{pH} > 10$ : rosado intenso.

Azul de bromotimol:

- $\text{pH} < 6,0$ : amarillo.
- $\text{pH}$  entre 6,0 - 7,6: verde
- $\text{pH} > 7,6$ : azul.

Rojo de metilo:

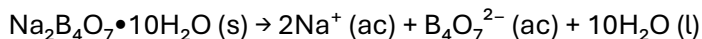
- $\text{pH} < 4,4$ : rojo.
- $\text{pH} > 6,2$ : amarillo.
- c. **Respuesta C:** El bórax en solución acuosa es anfótero y, por ello, muestra un comportamiento buffer. Explicar este comportamiento.

El bórax actúa como buffer porque su ion tetraborato ( $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ) puede:

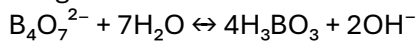
- Aceptar protones ( $\text{H}^+$ )  $\rightarrow$  Comportamiento básico.
- Donar protones al reaccionar con el agua formando ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )  $\rightarrow$  Comportamiento ácido.

Este doble comportamiento lo hace anfótero, y permite mantener estable el pH frente a pequeñas adiciones de ácidos o bases.

d. **Respuesta D:** El bórax en agua inicia:



Luego el ion tetraborato sufre hidrólisis:



Esta reacción produce iones  $\text{OH}^-$ , por eso el pH de una solución de bórax es básico (típicamente entre 9 y 9,5 para concentraciones normales de laboratorio). Esto se debe a que se comporta como base cada que trabaja con ácidos.

e. **Respuesta E:**

Handwritten calculations on graph paper:

Reaction:  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} (\text{s}) \rightarrow 2\text{Na}^+ (\text{ac}) + \text{B}_4\text{O}_7^{2-} (\text{ac}) + 10\text{H}_2\text{O} (\text{l})$

Hydrolysis:  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-} + 7\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 4\text{H}_3\text{BO}_3 + 2\text{OH}^-$

Initial concentration:  $[\text{B}_4\text{O}_7^{2-}] = 0.025 \text{ M}$

Equilibrium concentrations:

$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	$0.025 - x$
$\text{H}_3\text{BO}_3$	$4x$
$\text{OH}^-$	$2x$

Equilibrium expression:

$$K_b = \frac{[\text{H}_3\text{BO}_3]^4 [\text{OH}^-]^2}{[\text{B}_4\text{O}_7^{2-}]} = 0.0183$$

Solving for  $x$ :

$$\frac{(4x)^4 (2x)^2}{0.025 - x} = 0.0183$$

Approximate solution:  $x \approx 0.001$

Final  $[\text{OH}^-] = 2x \approx 0.002 \text{ M}$

pOH =  $-\log(0.002) \approx 2.7$

pH =  $14 - 2.7 = 11.3$

Theoretical pH:  $9.383$

Experimental pH:  $6$

- pH obtenido teóricamente: 9.383

- pH obtenido en el experimento: 6

- Esta diferencia de pH puede darse por impurezas en la sustancia e inconsistencias cuando se mezcló la sustancia con el indicador pH.

## Anotar las referencias bibliográficas utilizadas con normas APA

---

Simon, E. W., & Beevers, H. (1952). The Effect of pH on the Biological Activities of Weak Acids and Bases I. The Most Usual Relationship Between pH and Activity. *The New Phytologist*, 51(2), 163–190. <http://www.jstor.org/stable/2428741>

TED-Ed. (2013, October 24). The strengths and weaknesses of acids and bases - George Zaidan and Charles Morton [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=DupXDD87oHc>

Casassa, E. Z., Sarquis, A. M., & Van Dyke, C. H. (1986). The gelation of polyvinyl alcohol with borax: A novel class participation experiment involving the preparation and properties of a "slime". *Journal of Chemical Education*, 63(1), 57–60  
 Casassa, E. Z., Sarquis, A. M., & Van Dyke, C. H. (1986). The gelation of polyvinyl alcohol with borax: A novel class participation experiment involving the preparation and properties of a "slime". *Journal of Chemical Education*, 63(1), 57–60 <http://kinampark.com/T-Polymers/files/All%20References/Casassa%201986%2C%20The%20gelation%20of%20PVA%20with%20borax.pdf>

Dcashman. (2021, June 29). Chemistry Demonstration: PVA Slime | Tennessee Tech Chemistry Computer Resources. <https://sites.tntech.edu/dcashman/2021/06/29/chemistry-demonstration-pva-slime/>

