



SLIME (PUAJ) : ALGO MÁS QUE UNA DEMOSTRACIÓN DIVERTIDA

Patricia Morales Bueno

*Pontificia Universidad Católica del Perú - Departamento de Ciencias -
Sección Química*

« La Química es una ciencia experimental », una frase que repetimos frecuentemente y sin embargo si hacemos un análisis de cómo se presenta esta ciencia a los estudiantes de los diferentes niveles educativos, encontraremos que muy raramente la ponemos en práctica.

Las razones principales que se argumentan son la falta de recursos para adquirir reactivos y materiales que permitan realizar ensayos, experimentos o demostraciones en clase. Sin embargo, si miramos un poco hacia otras latitudes, podremos comprobar que muchos han superado ampliamente este inconveniente y nos proponen un gran número de alternativas simples, divertidas, de bajo costo y sobre todo instructivas. El único requisito es tener la decisión y el entusiasmo para realizarlas.

En Estados Unidos y Canadá por ejemplo, son conocidas las presentaciones de Marie Sherman de Ursuline Academy [1], las demostraciones de B. Shakhashiri [2], las publicaciones de la American Chemical Society (ACS) como Wonder Science [3], ChemMatters [4], Chemical Demonstrations [5], la celebración de la semana nacional de la Química todos los octubres, organizada por la ACS, que lleva el lenguaje de la Química al público común y corriente, entre muchos otros ejemplos.

Notas

¿Cuál es el secreto del éxito de estas presentaciones y actividades? Kathleen Holley [6], directora de uno de los equipos de demostraciones científicas lo dice muy claramente : «Si no puedes explicar el ensayo, no lo hagas». Si nos quedamos sólo en lo vistoso o llamativo, habremos conseguido captar la atención del espectador por unos minutos y nada más. Pero si somos capaces de lograr que el espectador comprenda, desde su propio nivel, el fundamento de lo que ha visto, probablemente habremos conseguido despertar más de una vocación científica.

Uno de los ensayos más populares de todos estos programas es la preparación del «*Slime*», conocido como «*Puaj*» en nuestro medio y que no es otra cosa que la gelación del alcohol polivinílico (PVA) con Bórax [7]. El ensayo es interesante, seguro, de bajo costo, sencillo, rápido y sobre todo puede ser hecho por todos los estudiantes de una clase.

Independientemente de su aspecto ameno o divertido, el ensayo involucra una serie de interesantes conceptos químicos, que pueden ser presentados de muy diferente manera, dependiendo del nivel académico, experiencia e interés de los participantes.

NIVEL BÁSICO

Para un nivel básico, el ensayo permite introducir una idea intuitiva de los siguientes conceptos:

- Proceso químico
- Viscosidad
- Monómero
- Polímero
- Agente de entrecruzamiento
- Propiedades de un gel

Existen varias alternativas para presentar el ensayo a este nivel. Por ejemplo, se puede empezar explicando con analogías lo que es un monómero usando tiras de papel, cuentecillas de colores, trozos de tela o cintas o simplemente, a los mismos participantes. Se identifica cada unidad con el término monómero y se llama la atención sobre la independencia de movimiento que puede tener cada uno de ellos.

Luego se van «enlazando» los monómeros ya sea entrelazando las tiras de papel, uniendo las cuentecillas, amarrando las cintas o uniendo las manos de los participantes. De esta forma se irán formando «dímeros», «trímeros», etc. hasta obtener una larga cadena. En este momento se introduce el término «polímero» haciendo notar que el prefijo «poli» indica «muchos».

Enseguida se pide que cada cadena se mueva o se desplace para analizar la flexibilidad y movilidad de éstas. Seguidamente se muestra al «segundo reactante», el agente de entrecruzamiento, representado por tiras de papel, de tela o cintas de color diferente al de los monómeros o simplemente por otro grupo de participantes. Con ellos se unen dos cadenas entre sí y se observa ahora el cambio en la flexibilidad y movilidad. Cuando se incrementa el número de «agentes» la movilidad disminuye aún más.

En el ensayo las primeras cadenas que se formaron se relacionan con las cadenas de alcohol polivinílico, que en solución acuosa presentan cierta flexibilidad y movilidad. El «segundo reactante» se relaciona con el bórax, que actúa como «agente de entrecruzamiento» de las cadenas de PVA, modificando así evidentemente sus propiedades.

Los participantes reciben la solución de PVA en un vasito de café descartable y con ayuda de una espátula de madera (de las que vienen con los helados) puede agitarla y observar algunas características de la solución, es aquí donde se puede introducir el concepto de viscosidad.

Luego se agrega la solución de bórax y se agita hasta que se forme el gel, lo cual no demora más de un par de minutos. Una vez formado, el participante puede examinar libremente sus propiedades.

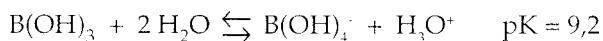
NIVEL AVANZADO

A este nivel el ensayo permite introducir los siguientes conceptos:

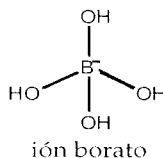
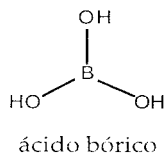
- Propiedades de los polioles
- Comportamiento viscoelástico y mecánico de redes poliméricas
- Agentes de entrecruzamiento de cadenas poliméricas
- Enlace de hidrógeno y solubilidad en agua de los polímeros

La química que explica la formación del gel de PVA y Bórax es muy interesante [7]. El bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) que es una sal de una base

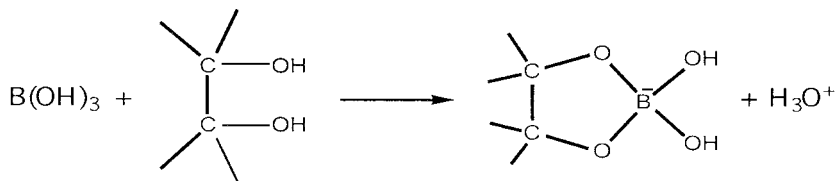
fuerte y un ácido débil, se hidroliza en solución acuosa para formar un sistema buffer ácido bórico - borato de pH aproximadamente igual a 9. El equilibrio del sistema buffer puede ser representado como:



El ácido bórico es tan débil que no libera protones sino más bien acepta iones OH^- del agua. A bajas concentraciones ($\leq 0,025 \text{ M}$) tanto el ácido bórico como el ión borato están presentes como especies monoméricas, pudiéndose representar como:



Es sabido que cuando se adiciona un compuesto polihidroxílico, como el glicerol o el manitol, a soluciones de ácido bórico, se forman complejos con la función diol que ocasionan un incremento de la acidez del sistema:

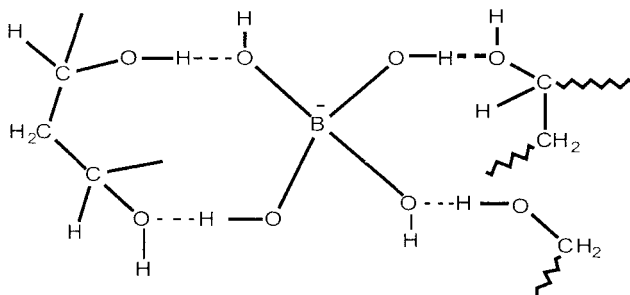


Muchos productos naturales solubles en agua contienen largas cadenas polihidroxílicas que proveen la función 1,2-diol capaz de acomplejarse con el ácido bórico. La misma capacidad está inherente en el polímero sintético polivinilalcohol, el cual tiene entre 1 y 2 % de función 1,2-diol ya que el patrón predominante en su estructura tiene grupos OH distribuidos alternadamente sobre el esqueleto carbonado.

Para que un reactante sea un agente de entrecruzamiento eficiente debe tener por lo menos dos grupos funcionales disponibles. En la reacción de los 1,2-dioles con el ácido bórico se cumple este mínimo requerimiento, pero como la reacción ocurre sobre grupos OH adyacentes pertenecientes a la misma cadena polimérica no se obtiene el

entrecruzamiento deseado, de esta manera el ácido bórico solo, no produce geles de poliol. El ion borato es tetrafuncional en su interacción con los polioles y por lo tanto particularmente efectivo en crear redes tridimensionales de gel.

Las propiedades del gel obtenido muestran que en realidad se tiene un equilibrio dinámico, lo cual se puede comprobar al observar la completa reversibilidad del proceso cuando el gel se coloca en agua. La fuerza del entrecruzamiento es tan débil que no se puede comparar con un enlace covalente, por lo que en realidad se propone que la formación de enlaces de hidrógeno es la responsable de las propiedades observadas en el gel, lo cual ha sido comprobado por estudios del espectro IR. La siguiente estructura indica esquemáticamente cómo los enlaces de hidrógeno establecen el entrecruzamiento de la red polimérica:



DETALLES EXPERIMENTALES

- *Alcohol Polivinílico:* El éxito del experimento depende mucho del uso del PVA apropiado. Este polímero se prepara por hidrólisis del polivinilacetato, el grado de hidrólisis obtenido dependerá de la aplicación que se le va a dar al alcohol. Para este ensayo se recomienda usar PVA 99 - 100 % hidrolizado, con un peso molecular de al menos 100 000. La solución acuosa de PVA recomendada debe ser al 4 % (40 g de alcohol / L de agua), el agua puede ser corriente. El PVA sólido debe esparcirse cuidadosamente sobre la superficie del agua y con agitación, para asegurar que los granos de polímero se humedezcan gradualmente y empiecen el proceso de hinchamiento embebiendo el solvente hasta lograr disolverse. Se puede acelerar el proceso de disolución calentando lentamente durante la adición del sólido, sin embargo hay que evitar el sobrecalentamiento pues por un lado se aceleraría también el proceso de evaporación del solvente que dejaría res-

tos de PVA en las paredes del recipiente y por otro lado se desfavorecería la formación de los enlaces de hidrógeno entre el PVA y el agua que son la principal causa de la solubilidad del material. La solución final debe ser transparente, incolora y algo viscosa.

- *Bórax*: La solución acuosa de bórax recomendada debe ser al 4 % en peso y se puede preparar con agua corriente a temperatura ambiente. El volumen requerido para la obtención del gel es aproximadamente entre 1/10 y 1/5 del volumen usado de solución de PVA.
- *Preparación del gel*: Consiste simplemente en agregar la solución de bórax rápidamente y con agitación a la solución de PVA, hasta que se observe la formación del gel.
- *Conservación de las soluciones y del gel*: Las soluciones de PVA y bórax se pueden guardar por varios meses a temperatura ambiente, sin embargo el almacenamiento demasiado prolongado puede permitir la formación de colonias de hongos y microorganismos. Si esto ocurre las soluciones deberán ser descartadas. El gel puede guardarse por tiempo limitado en una bolsa plástica bien cerrada, teniendo cuidado de eliminar la mayor cantidad de aire de su interior. El gel va secándose gradualmente con la manipulación y puede también contaminarse con la subsecuente formación de hongos.
- *Seguridad*: Ni las soluciones de PVA y bórax, ni el gel obtenido tienen efectos tóxicos. Sin embargo debe recomendarse siempre el lavado cuidadoso de las manos después de la manipulación de los materiales y evidentemente no se deberá ingerir ninguno de ellos.
- *Variaciones*: Se pueden obtener geles coloreados agregando algunas gotas de colorantes para alimentos a la solución de PVA antes de agregar la solución de bórax. Se puede agregar también, si se dispone de ello, algún pigmento fosforescente que hará que el gel brille en la oscuridad. En el caso de no contar con el alcohol polivinílico se puede utilizar goma escolar ya que ella puede contener ya sea PVA o polivinilacetato, ambos considerados materiales no tóxicos. Dependiendo de la goma utilizada en algunos casos se podrá usar directamente en vez de la solución de PVA y en otros, tendrá que diluirse previamente en agua. Se pueden usar por ejemplo las gomas que contienen escarcha y de esta manera obtener geles brillantes.

- *Ensayos con el gel:* Después de preparar el gel los alumnos podrán examinar sus propiedades libremente. Por ejemplo su fluidez, elasticidad, sensación al tacto, sus propiedades mecánicas, etc. Puede observar lo que ocurre si se coloca una masa de gel sobre algún texto escrito con tinta soluble en agua y luego se levanta. Con un pequeña porción del gel puede observarse lo que ocurre si se coloca en agua. Pue-



Figura 1. Slime (Puaj): Gel de Alcohol Polivinílico y Bórax

de dejarse por algunos días una porción del gel esparcida sobre una superficie plana, si se desea con alguna forma en particular, al secarse quedará finalmente una película delgada y transparente de PVA con la forma y el color que se le dio inicialmente al gel.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sherman, M. C. (1992) *J.Chem.Ed.* **69**, 413.
2. Shakhashiri, B. Z. (1989) **Chemical Demonstrations**. The University of Wisconsin Press, Madison p. 47.
3. **Wonder Science**, ACS, 1155 Sixteenth St. N.W., Washington, DC 20036.
4. **ChemMatters**, ACS, 1155 Sixteenth St. N.W., Washington, DC 20036.
5. Summerlin, L. R., Borgford, C. L., Ealy, J. B. (1988) **Chemical Demonstrations**. ACS, Wasington, DC.
6. Bleam, B. (1997) *Chem 13 news* N° 261, 13.
7. Casassa, E. Z., Sarquis, A. M., Van Dyke, C. H. (1986) *J. Chem. Ed.* **63**, 57.