

# **PRÁCTICAS DE MATERIALES ÓPTICOS**

Tercer Curso del Grado de Óptica y Optometría

Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada

Departamento de Química Orgánica  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada

**AUTORES**

José Justicia Ladrón de Guevara

Alba Millán Delgado

## PRÁCTICA 1

### FABRICACIÓN DE UN ESPEJO

#### 1.- INTRODUCCIÓN

Antiguamente, se utilizaba una amalgama de estaño para la fabricación de espejos, lo cual comportaba diversos peligros, como la gran toxicidad que presenta dicho metal. En la actualidad es más común el empleo de la plata como base de la superficie reflejante en un espejo de segunda superficie, aunque también se puede emplear aluminio.

El proceso que se utilizará en esta práctica se basa en la deposición de plata metálica sobre una superficie limpia de vidrio, a partir de una disolución de plata amoniacal y un reductor. El proceso se divide en varias etapas:

- a) preparación de la disolución amoniacal de plata
- b) precipitación de la plata metálica.

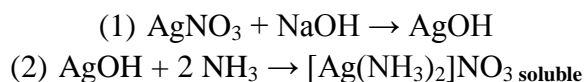
#### 2.- MATERIALES Y PRODUCTOS

<u>Material</u>	<u>Productos</u>
Tubo de ensayo	Disolución de nitrato de plata 0.1M
Gradilla para tubos de ensayo	Disolución de amoniaco 2N
Dos vasos de precipitados 50 mL	Disolución de hidróxido sódico 2N
	Benzaldehido

#### 3.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

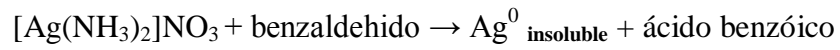
##### 3.1 Preparación de la disolución amoniacal de plata

Se toma la disolución 0.1M de nitrato de plata y se coloca en un tubo de ensayo una pequeña cantidad. Se añaden unas 20-25 gotas de disolución de hidróxido sódico 2N hasta que cese la aparición del precipitado. Acto seguido, se van añadiendo gotas de la disolución de amoniaco 2N, agitando vigorosamente, hasta que desaparezca por completo el precipitado formado en la etapa anterior. Las reacciones que se producen en este proceso son las siguientes:



## 3.2 Precipitación de la plata metálica

Una vez obtenida la disolución amoniacal en el tubo de ensayo, se añaden unas 5 gotas de benzaldehído, y se agita muy vigorosamente hasta disolverlo. La plata precipitará en las paredes de vidrio formando el espejo.



## PRÁCTICA 2

### SÍNTESIS DE POLIAMIDA (NYLON 6-6)

#### 1.- OBJETIVO

La presente práctica tiene por objeto llevar a cabo la síntesis de una poliamida, como es el nylon 6-6, a través de una reacción de polimerización por etapas.

#### 2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

La reacción de un ácido carboxílico, o de uno de sus derivados como son los cloruros de ácido, con una diamina conduce a la formación de una poliamida lineal a través de una reacción de condensación.

Comercialmente, el nylon 6-6 (llamado así porque cada monómero contiene 6 carbonos) se prepara a partir de ácido adípico ( $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ ) y hexametildiamina ( $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ ). En esta práctica se utilizará el cloruro de adipofilo ( $\text{ClOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COCl}$ ) en lugar del ácido adípico, puesto que bajo condiciones de laboratorio es mucho mejor reactivo en este tipo de procesos.



#### 3.- MATERIALES Y PRODUCTOS

<u>Material</u>	<u>Productos</u>
Vaso de precipitados de 50 mL	Disolución al 5% de hexametildiamina
Gancho metálico de cobre	Disolución al 5% de cloruro de adipofilo
Dos pipetas graduadas de 10 mL	Disolución al 20% de hidróxido sódico

#### 4.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se vierten 10 mL de la disolución acuosa al 5% de hexametildiamina en un vaso de precipitados de 50 mL. A continuación, se añaden 10 gotas de la disolución al 20% de hidróxido sódico. Posteriormente, se adicionan con cuidado 10 mL de la disolución al 5% de cloruro de adipofilo en ciclohexano, vertiéndola por la pared del vaso ligeramente inclinado. Se formaran dos capas al no ser miscibles el agua y el ciclohexano, apareciendo inmediatamente una película de polímero en la interfase. Con ayuda del gancho de cobre se despegan suavemente los hilos del polímero de las

## Prácticas de Materiales Ópticos

---

paredes del vaso de precipitados. Se junta la masa en el centro y se levantan lentamente con el gancho de manera que la poliamida vaya formándose continuamente y se obtenga un hilo de gran longitud. El hilo puede romperse si se estira con demasiada rapidez. Se repite esta operación las veces que sean necesarias. Finalmente, con el gancho metálico se agitan fuertemente las dos fases, para obtener mayor cantidad de polímero. Dejar secar 24 horas y pesar.

## PRACTICA 3

### SINTESIS DE POLÍMERO SLIME

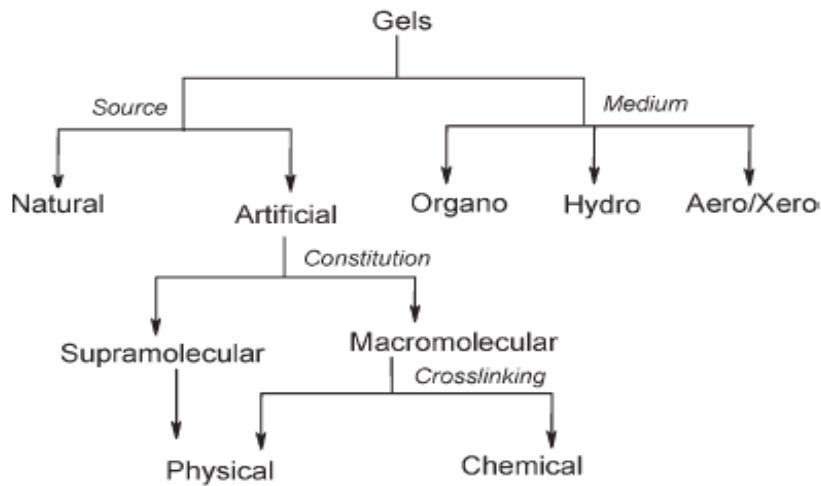
#### 1.- OBJETIVO

El objetivo de esta práctica consiste en la formación de un hidrogel de poli(vinil alcohol).

#### 2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

Podemos definir un **gel** como un estado coloidal de la materia constituido por una pequeña cantidad de un sólido capaz de formar una estructura reticular tridimensional que inmoviliza de manera macroscópica el flujo de una mayor cantidad de líquido. Si el líquido es agua o una solución acuosa estamos hablando de un **hidrogel**.

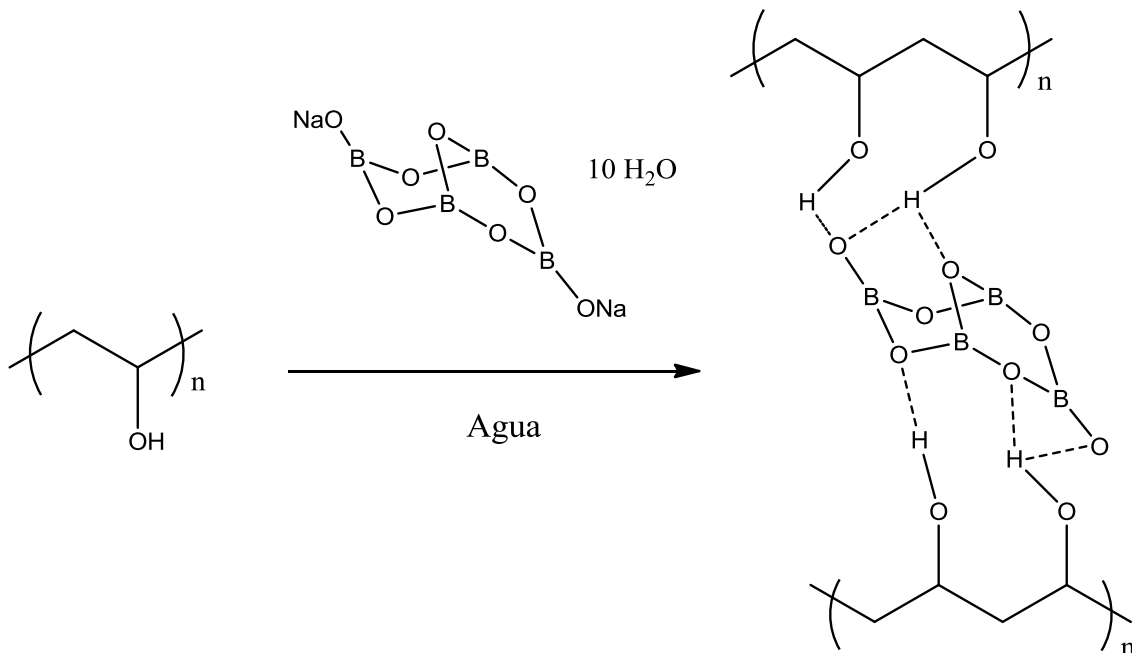
Existen muchos tipos distintos de geles como podemos ver en el siguiente esquema:



En esta práctica se va a formar un hidrogel de manera instantánea por la adición de borato sódico a una disolución de poli(vinil alcohol) en agua. El borato sódico actúa como agente de reticulación o entrecruzamiento uniendo las cadenas de poli(vinil alcohol) entre sí mediante la formación de enlaces por puentes de hidrogeno (Ver esquema). Las cadenas de poli(vinil alcohol) al unirse entre sí formarán una red tridimensional que ocluirá moléculas de agua en su interior dando lugar a la formación

# Prácticas de Materiales Ópticos

del gel. Por tanto podemos clasificar este gel como un gel artificial, macromolecular y que forma el entrecruzamiento de manera física, por la adición de borato sódico.



## Reacción de entrecruzamiento del PVA por acción del borato sódico.

### 3.- MATERIAL Y PRODUCTOS

#### Material

- 2 vasos de precipitados de 100 mL
- Agitador magnético
- Placa calefactora y agitadora

#### Productos

- poli(vinil alcohol)
- borato sódico

### 4.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Sobre un vaso de precipitados de 100 mL se vierte 25 mL de agua destilada. A continuación, se adiciona lentamente 1 g de poli(vinil alcohol) hasta que el producto se disuelva por completo mediante agitación con varilla de vidrio, intentando evitar la formación de grumos. Si el producto no se disuelve la solución se calentará hasta total disolución del compuesto. A esta disolución se le puede añadir 3 gotas de colorante para darle color al hidrogel.

Simultáneamente, en otro vaso de precipitados de 50 mL se preparará una disolución de borato sódico en agua, para ello se pesarán 250 mg de borato sódico y se



## Prácticas de Materiales Ópticos

---

disolverán en 5 mL de agua destilada. Es posible que para la completa disolución se requiera aplicar calor.

Una vez estén preparadas ambas disoluciones, la solución de borato sódico se añadirá de una sola vez sobre la solución de poli(vinil alcohol) observándose la formación del gel de manera instantánea, agitando la mezcla de forma vigorosa con la varilla de vidrio.

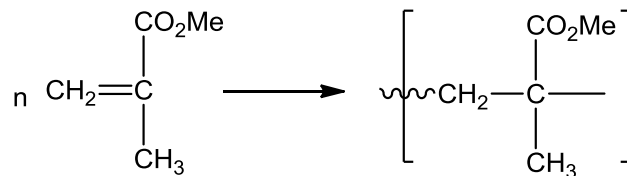


## PRACTICAS 4

### SINTESIS DE POLIMETACRILATO DE METILO

#### 1.- OBJETIVO

El objetivo de esta práctica es la obtención de un prisma de polimetacrilato de metilo por polimerización en cadena radicalaria del monómero metacrilato de metilo.



#### 2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

El polimetacrilato de metilo es, desde un punto de vista comercial, el más importante del grupo de los polímeros acrílicos, los cuales pueden considerarse como derivados del ácido acrílico.

El polimetacrilato de metilo es un material duro y rígido, además de ser muy transparente. Presenta una mejor resistencia a los impactos, una mejor resistencia a la intemperie y un punto de reblandecimiento más alto que el poliestireno. También es más resistente a los impactos que el vidrio, y, aunque se rompe como éste, los fragmentos no son tan afilados y como consecuencia, es menos peligroso. Sin embargo, presenta baja resistencia al rayado, con la ventaja, sin embargo, de que las rayas se pueden eliminar puliendo el material.

Las propiedades ópticas del polimetacrilato de metilo son particularmente importantes. Absorbe muy poca luz, y cuando la luz incide sobre este material, normalmente solo hay un 4% de reflexión. Por lo tanto, la transmisión de la luz que incide sobre una muestra pura de este material es del 92%, lo que lo convierte en un material excelente para su uso óptico.

El polimetacrilato de metilo se mezcla con numerosos aditivos. De estos, los más importantes son los colorantes y pigmentos, que deben ser estables en las condiciones de procesado y de aplicación del polímero. Los dos requerimientos específicos son: los aditivos utilizados en el moldeo no deben afectar a la reacción de polimerización, y por otra parte, deben tener una buena resistencia al envejecimiento. De los plastificantes empleados algunas veces con este polímero, el más frecuente es el ftalato de dibutilo, que se añade en cantidades del orden del 5%.

## POLIMERIZACIÓN:

El metacrilato de metilo polimeriza muy fácilmente, y este efecto puede observarse con muestras de monómero almacenadas sin la presencia de un inhibidor (generalmente la hidroquinona), que es necesario eliminar antes de proceder a la polimerización.

La polimerización del metacrilato de metilo es un ejemplo de polimerización en cadena radicalaria de monómeros de tipo vinílico, llevada a cabo utilizando un iniciador químico como es el peróxido de benzoilo. Este iniciador, por descomposición térmica, genera radicales benzoiloxi que inician la reacción en cadena.

### **3.- PROCEDIMIENTO DE POLIMERIZACIÓN DEL METACRILATO DE METILO.**

#### **3.1.-Materiales y productos**

<u>Material</u>	<u>Productos</u>
2 Erlenmeyer de 250 mL	50 mL de metacrilato de metilo
1 Erlenmeyer de 100 mL	Disolución al 20% de hidróxido sódico
Embudo de decantación	Sulfato sódico anhidro
Embudo cónico	0.1 gr de peróxido de benzoilo
Dos pipetas graduadas de 10 mL	0.3 mL de ftalato de dibutilo

#### **3.2.-Preparación del monómero**

50 mL de metacrilato de metilo monómero se liberan del estabilizante lavando, en un embudo de decantación, dos veces con 30 mL de una disolución del 20% de hidróxido sódico, seguido de un lavado adicional con 30 mL de agua destilada. El monómero lavado se seca luego agitando durante un par de minutos con una cucharada de sulfato sódico anhidro. Posteriormente, dicha disolución se filtra a través de un filtro de pliegues de papel de filtro, para separarla del sulfato sódico.

#### **3.3.- Preparación de la pasta de polimetacrilato de metilo**

Se mezclan 0.1 gr de peróxido de benzoilo, 0.3 mL de ftalato de dibutilo y 50 mL de metacrilato de metilo monómero (después del lavado y secado), en un erlenmeyer de 250 mL. Este matraz se calienta en un baño de agua a ebullición hasta que se observa que el líquido se vuelve viscoso, lo cual acontece a los 10-15 minutos de

## Prácticas de Materiales Ópticos

---

calentamiento (este tiempo no debe sobrepasarse, pues de lo contrario la mezcla se volvería muy viscosa y además se puede autoacelerar la reacción, perdiéndose su control). Posteriormente y con mucho cuidado, se llena un recipiente con esta mezcla, evitando que se formen burbujas de aire en el interior. Finalmente, los tubos se dejan enfriar a temperatura ambiente durante 10-15 min y después se colocan en una estufa a 40 °C durante 24 horas.



## PRÁCTICA 5

### SINTESIS DE ESPUMAS DE POLIURETANO

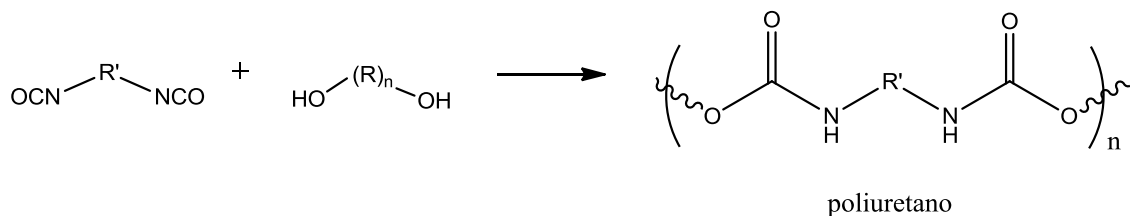
#### 1.- OBJETIVO

El objetivo de esta práctica consiste en la síntesis de espumas de poliuretano por reacción de condensación entre un diisocianato y un diol, en presencia de agua.

#### 2.- FUNDAMENTO TEÓRICO

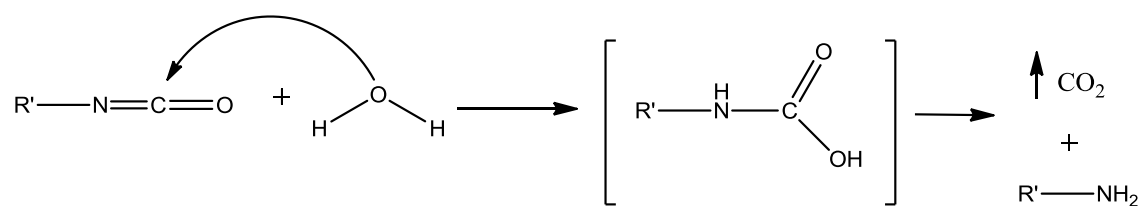
Por regla general, los polímeros de condensación son aquellos que se forman por reacción de dos monómeros distintos entre sí. La reacción de polimerización sigue una cinética escalonada, por etapas, y generalmente se originan subproductos en el medio de reacción.

Los poliuretanos son un tipo de polímeros de condensación que tienen un gran número de aplicaciones, generalmente en forma de espumas. Industrialmente, los poliuretanos se sintetizan mediante la reacción de un diisocianato y un polialcohol, con la excepción de que el dialcohol suele ser a su vez un polímero, generalmente un poliéter o un poliéster.

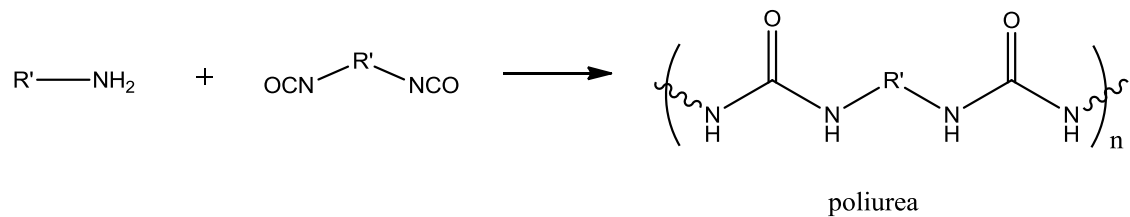


Para la generación de espumas, simultáneamente al proceso de polimerización se debe de generar un gas que actúe como propelente inflando el polímero que se está formando. Este gas puede ser un aditivo externo como ciertos hidrocarburos fluorados de bajo peso molecular, o se puede generar *in situ* por reacción del diisocianato con agua que origina CO<sub>2</sub> (eq. 1) y poliureas (eq. 2) (Ver esquema).

Eq. 1



Eq. 2



### 3.- MATERIAL Y PRODUCTOS

#### Material

- 1 vaso de precipitados de 250 mL
- 1 vaso de precipitado de 100 mL
- Agitador magnético
- Placa agitadora

#### Productos

- poliol (glicerol propoxilato)
- difenilmetano-4,4'-diisocianato
- dibutilestano dilaurato
- aceite de silicona

### 4.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Sobre un vaso de plástico se pesan 4 g de glicerol propoxilato, 0.2 g de dibutilestano dilaurato (catalizador) y 0.4 g de aceite de silicona (estabilizador de la espuma). A esta mezcla se le añade 0.6 mL de agua con una jeringa y se agita vigorosamente con una varilla de vidrio durante 1 min. El diisocianato (10 mL) se añade a la mezcla y se agita vigorosamente durante 1 min y luego se deja sin agitación observándose como se forma la espuma de poliuretano. La reacción es exotérmica luego puede observarse un aumento de la temperatura. Pasados 15 min la espuma de poliuretano se puede sacar del vaso de precipitado.

El volumen final que alcanza la espuma depende de la cantidad de agua que se añade.

Esta práctica se puede repetir sin agua y también con distintas proporciones de agua para obtener espumas de distinta densidad.



## PRACTICA 6

### DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA

#### 1.- OBJETIVO

La práctica tiene como finalidad determinar la cantidad de agua que es absorbida por un material plástico, cuestión importante en aquellos materiales que son utilizados para la fabricación de lentes de contacto.

#### 2.-FUNDAMENTO TEÓRICO

En esta práctica se establece procedimiento más común para determinar el peso de agua absorbida por una muestra de plástico como consecuencia de su inmersión en agua durante un periodo determinado de tiempo y a una temperatura especificada.

#### 3.- MATERIALES Y PRODUCTOS

<u>Material</u>	<u>Productos</u>
1 balanza	Lente de contacto
1 vaso de precipitados de 50 mL	Agua destilada
Papel de filtro	

#### 4.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La lentilla utilizada como muestra se pesa en estado seco, siendo éste el peso  $C_1$  o  $s$ . A continuación, se colocan en un recipiente con agua destilada a temperatura ambiente durante 24 horas. Pasado este tiempo, se retira la lentilla del recipiente y se les quita el agua de la superficie con papel de filtro. Acto seguido se determina el peso de la lentilla ( $C_2$  o  $h$ ).

La absorción de agua se determinará tanto referida a la cantidad de agua absorbida:

$$WA = \frac{h - s}{s} 100$$

como referida al contenido en agua que presenta el material:

$$WC = \frac{h - s}{h} 100$$

## PRÁCTICA 7

### ESTABILIDAD DIMENSIONAL

#### 1.-OBJETIVO

El objetivo de esta práctica es determinar las deformaciones sufridas por una lámina de material polimérico determinado frente al calor.

#### 2.-FUNDAMENTO TEÓRICO

La estabilidad dimensional se puede definir como aquella tendencia de los materiales a mantener su forma y condiciones originales al ser sometidos a cambios de temperatura y humedad. En este sentido, se define la variación de longitud experimentada ( $\Delta L$ ) como la diferencia entre la longitud correspondiente a la máxima variación medida después del ensayo ( $L_n$ ) y la longitud inicial ( $L_o$ ), calculada en tanto por ciento respecto a  $L_o$ , según la expresión:

$$\Delta L = \frac{L_n - L_o}{L_o} \cdot 100$$

La variación experimentada puede ser positiva o negativa.

#### 3.- MATERIALES Y PRODUCTOS

<u>Material</u>	<u>Productos</u>
Regla graduada	Lámina de PVC flexible
Estufa calefactora	

#### 4.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se dibuja sobre la lámina de PVC una circunferencia de tamaño adecuado. Dentro de dicha circunferencia se dibujan además dos líneas perpendiculares que coincidan con las direcciones vertical y horizontal de la lámina. Se anota la medida de cada una de estas líneas en el interior de la circunferencia. A continuación, se introduce la lámina de PVC en la estufa y se calienta durante 48 h a 100 °C. Pasado este tiempo, se deja enfriar la lámina y se mide la nueva longitud de cada línea. Se debe indicar el valor de  $\Delta L$  tanto para la dirección horizontal como para la dirección vertical de la lámina.

**Referencias:**

Navarro Sentanyes, Antoni. “Prácticas de Materiales Ópticos” Ed. Después del Diluvio, Barcelona, 1997.

