Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Optometría y oftalmología | Catálogo General

9-13-2016

# Lentes de contacto: composición química y propiedades

Lucy Rivera Rojas

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/edunisalle_optometria-oftalmologia

Recommended Citation
Rivera Rojas, Lucy, "Lentes de contacto: composición química y propiedades" (2016). *Optometría y oftalmología*. 23.
https://ciencia.lasalle.edu.co/edunisalle_optometria-oftalmologia/23

This Libro is brought to you for free and open access by the Catálogo General at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Optometría y oftalmología by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

AC 111

# Lentes de contacto: composición química y propiedades

*Lucy Rivera Rojas*
*M.Sc. Bioquímica*

Departamento de Ciencias Básicas

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

**Departamento de Ciencias Básicas**
**Bogotá, D. C.**
**2016**

ISSN: 1900-6187
© Primera edición: julio de 2016

Oficina de Publicaciones
Cra. 5 # 59A-44
Teléfono: 3 48 8000 exts.: 1224-1225
publicaciones@lasalle.edu.co

**Dirección editorial**
Guillermo Alberto González Triana

**Coordinación editorial**
Andrea del Pilar Sierra

**Corrección de estilo**
Fredy Guzmán

**Diagramación**
William Yesid Naizaque O.

**Carátula**
Andrea Julieth Castellanos

**Impresión**
Xpress Estudio Gráfico y Digital S. A.

# Contenido

Presentación 11

Química de los polímeros 13

¿Qué es un polímero? 13

Algunos polímeros sintéticos 13

Algunos polímeros naturales 18

Características de los polímeros 21

Materiales empleados en lentes de contacto 25

Metacrilatos 25

Polimetilmetacrilato (PMMA): materiales de partida para lentes rígidos 27

Polihidroxietilmetacrilato (PHEMA): materiales de partida para lentes blandos (hidrogeles convencionales) 29

Hidrogeles de silicona 39

Lentes rígidos gas-permeables 45

Propiedades de los materiales empleados en lentes de contacto 49

Transparencia óptica 49

Propiedades mecánicas (módulo de elasticidad) 49

Humectabilidad 51

Contenido acuoso 54

Permeabilidad al oxígeno 54

Índice de refracción 55

Investigaciones recientes en la tecnología de lentes de contacto 57

Referencias bibliográficas 63

# Índice de figuras

Figura 1. Formación de polietileno a partir de su monómero (etileno) 14

Figura 2. Forma condensada del etileno y del polietileno 14

Figura 3. Formación del politetrafluoroetileno (PTFE) a partir del tetrafluoroetileno 15

Figura 4. Formación del poliestireno a partir de estireno 16

Figura 5. Fragmento de poliestireno 16

Figura 6. Tacticidad (arreglo) de los radicales fenilos del poliestireno 17

Figura 7. Estructura de la β-D-glucosa, monómero que forma la celulosa 18

Figura 8. Fragmento estructural de la celulosa 19

Figura 9. Fragmento de celulosa, conformación de silla 19

Figura 10. Asociación por puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de las cadenas lineales de celulosa 20

Figura 11. Péptido compuesto por seis aminoácidos: alanina, glicina, tirosina, glutamato, valina y serina 21

Figura 12. Conformación de un polímero lineal y un polímero ramificado 21

Figura 13. Fragmento del polietileno de baja densidad, como ejemplo de un polímero ramificado 22

Figura 14. Diferentes tipos de polímeros 23

Figura 15. Matriz tridimensional formada por las cadenas poliméricas 24

Figura 16. Acrilato 26

Figura 17. Ácido acrílico 26

Figura 18. Ácido metacrílico (MA) 26

Figura 19. Metil metacrilato (MMA) 27

Figura 20. Hidroxietil metacrilato (HEMA) 27

Figura 21. Polimerización del metilmetacrilato (MMA) 28

Figura 22. Representación de una cadena polimérica del polimetilmetacrilato (PMMA) 28

Figura 23. Representación de una cadena polimérica de polihidroxietilmetacrilato (PHEMA) 30

Figura 24. Etilenglicol-dimetacrilato (EGDMA) 31

Figura 25. Polymacon 32

Figura 26. N-vinil pirrolidona (NVP) 33

Figura 27. Dvinil benceno (DVB), agente entrecruzador 33

Figura 28. Tetrafilcon A 34

Figura 29. Monómeros del omafilcon A 35

Figura 30. Vifilcon A 36

Figura 31. Ácido metacrílico (MA) en su forma ionizada (metacrilato) 37

Figura 32. Modelo de las cadenas poliméricas negativas de etafilcon A, separadas entre sí por repulsión de cargas 38

Figura 33. Dimetil siloxano 39

Figura 34. Difenil siloxano 40

Figura 35. Polidimetilsiloxano 40

Figura 36. Polidifenilsiloxano 41

Figura 37. Tris (trimetil siloxy) silano 41

Figura 38. Estructura de los monómeros que forman el lotrafilcon A y B 44

Figura 39. Acetato butirato de celulosa (CAB) 46

Figura 40. a) 2,2,2-trifluoroetilmetacrilato, monómero para el b) poli 2,2,2-trifluoroetilmetacrilato 47

Figura 41. Relación entre una fuerza de tensión σ y la deformación ε experimentada por un material 50

Figura 42. Angulo de contacto (θ) entre una gota de líquido (agua o lágrima) y la superficie del lente 52

Figura 43. Se indica el ángulo de contacto formado entre un líquido y una superficie hidrofóbica y entre un líquido y una superficie hidrofílica 53

Figura 44. Goniómetro de Ramé-Hart 53

Figura 45. Formación del PDMS-PU-PEGMA (polidimetil siloxano-poliuretano-polietilenglicol metacrilato) 60

A mi esposo Jaime Martínez, por su apoyo, comprensión y tolerancia, cuando en mi cabeza solo rondan átomos y moléculas; a mi madre y mi hermano, por su cariño, entrega y valiosos consejos; y a mis tiernas sobrinitas, por ser la inspiración de mi vida… son ellas quienes me llevan a ser cada vez una persona mejor. ¡Por un mundo y una Colombia en paz para ellas y todos los niños del mundo!

*¿Qué otra cosa puedo hacer que no sea escribir y soñar?*
Jorge Luis Borges

# Presentación

La finalidad de la presente obra es servir como material de apoyo en el módulo Materiales para Lentes de Contacto, ofrecido por la Maestría en Ciencias de la Visión de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de La Salle. Pretende dar los conceptos básicos a partir de los cuales el estudiante pueda entender la composición química de los lentes de contacto y, con base en ella, inferir las propiedades que estos materiales le confieren. Tiene por propósito ser el punto de partida sobre el cual el estudiante pueda aproximarse a la lectura de literatura científica de artículos de investigación discutidos dentro del mismo módulo.

Se trata de un manuscrito original, por cuanto presenta los contenidos desde una perspectiva del desarrollo químico conceptual de las moléculas que forman estos materiales. Comienza con las unidades monoméricas hasta llegar a la construcción de los polímeros correspondientes. A su vez, aborda la aplicabilidad que estos conceptos tienen en el campo específico de la optometría.

Para ello, se hace una breve descripción inicial de la química de polímeros, con ejemplos ilustrativos, como introducción conceptual a la composición química y a las propiedades que presentan los materiales empleados en la construcción de lentes de contacto. El abordaje de la composición química de dichos materiales pretende desarrollar en el lector, de una manera progresiva, la comprensión de las complejas moléculas involucradas.

El texto comienza explicando de manera sencilla la composición básica de estos polímeros: se parte de las moléculas precursoras, como los acrilatos, los silanos y los siloxanos, hasta llegar a la construcción de materiales como el polimetilmetacrilato (PMMA), el polihidroxietilmetacrilato (PHEMA) y los polímeros empleados en los hidrogeles convencionales, los hidrogeles de silicona y los lentes rígidos gaspermeables. La descripción química se hace en paralelo a la explicación de las características que confieren dichas moléculas, de forma tal que el lector logre asociar estructuras químicas con propiedades como

humectabilidad, contenido acuoso, permeabilidad al oxígeno y módulo de elasticidad. Además, se dedica un capítulo aparte a la explicación ampliada de dichas propiedades.

Para finalizar, se exponen brevemente las tendencias actuales en investigación en materiales para lentes de contacto, dirigidas a minimizar complicaciones oculares y mejorar la calidad de la visión en los usuarios.

Agradezco al profesor Francisco Sepúlveda, director del Departamento de Ciencias Básicas, y al profesor Ricardo Montealegre, coordinador del Área de Química y Biología; por su constante apoyo y valiosos consejos. A los doctores Jairo García, decano de la Facultad de Ciencias de la Salud, Édgar Leguizamón, secretario académico de la misma Facultad, Marcela Camacho, directora de la Maestría en Ciencias de la Visión, y Martha Fabiola Rodríguez, anterior directora de la Maestría; por la oportunidad que me han brindado de ser docente de esta última. A los estudiantes y profesores de la Maestría y, en general, de la Facultad, por sus valiosos aportes, pues he aprendido mucho de ellos.

# Química de los polímeros

## ¿Qué es un polímero?

Los polímeros (*poli*, 'muchos'; *mero*, 'parte') son moléculas construidas por la unión química de varias moléculas sencillas llamadas *monómeros* (*mono*, 'uno'). Los polímeros pueden ser moléculas muy grandes en las que están involucradas cientos o miles de subunidades monoméricas. Los materiales empleados en la manufactura de los lentes de contacto pueden definirse como *materiales poliméricos*; de ahí la necesidad de entender la estructura, la conformación y las propiedades básicas de los polímeros.

Existen polímeros naturales y polímeros sintéticos. Dentro de los primeros se encuentran las proteínas y los polisacáridos, como el almidón y la celulosa. Los polímeros sintéticos son llamados también *plásticos* y han dado a la humanidad un avance significativo en los campos industrial y tecnológico. Los plásticos son muy utilizados en el diario vivir: se encuentran en bolsas, empaques, estuches, peines, artículos electrónicos, ropa, pinturas, adhesivos e innumerables objetos empleados de forma cotidiana. El lado negativo es su pobre degradabilidad y, por tanto, la permanencia en el ambiente de aquellos artículos que ya no son usados, aun cuando en la actualidad sean innumerables los esfuerzos para disminuir su tiempo de degradación.

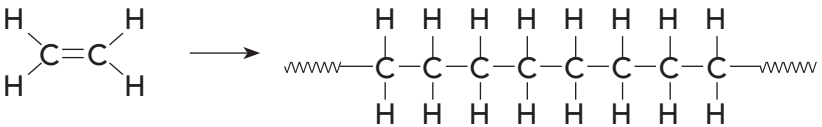
## Algunos polímeros sintéticos

### Polietileno

Es un polímero formado por uniones repetidas de etileno (*eteno*, según la nomenclatura de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada [IUPAC]). Se sintetiza mediante la ruptura del doble enlace de las

unidades monoméricas y la adición de estas hasta formar el polímero. Es una molécula altamente apolar y, por tanto, hidrofóbica (figura 1).

**Figura 1.** Formación de polietileno a partir de su monómero (etileno). El polietileno es un polímero de adición formado por la unión química de unidades de etileno, en las que el doble enlace se rompe para permitir la adición de moléculas



Fuente: [1].

En la figura 2 se muestra otra forma de indicar tanto el etileno como el polietileno de una manera más condensada.

**Figura 2.** Forma condensada del etileno y del polietileno. Las unidades repetidas de monómero en el polímero se indican entre paréntesis cuadrados. El subíndice *n* indica *n* repeticiones del monómero.

$$CH_2 = CH_2 \longrightarrow -[CH_2 - CH_2]_n-$$

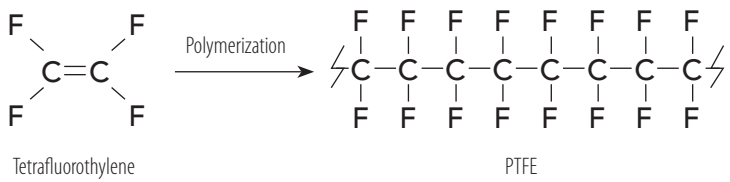
Fuente: [1].

El polietileno es empleado en bolsas para supermercados, envases de alimentos, pinturas, fabricación de juguetes y en tuberías para gas, agua potable y minería.

## Politetrafluoroetileno

Conocido como PTFE, está formado por la adición de moléculas de tetrafluoroetileno mediante la ruptura del doble enlace del monómero (figura 3). A pesar de tener flúor en su estructura —un elemento altamente electronegativo—, la disposición simétrica de este en la molécula del polímero hace que el PTFE sea altamente apolar y, por tanto, hidrofóbico. Esta propiedad permite que el polímero sea usado en revestimientos de objetos que deban estar aislados del agua. Un ejemplo es el uso en el recubrimiento de utensilios para cocina, lo cual favorece que los alimentos no se adhieran a estos.

**Figura 3.** Formación del politetrafluoroetileno (PTFE) a partir del tetrafluoroetileno. El PTFE se forma por la adición de moléculas de monómero mediante la ruptura del doble enlace

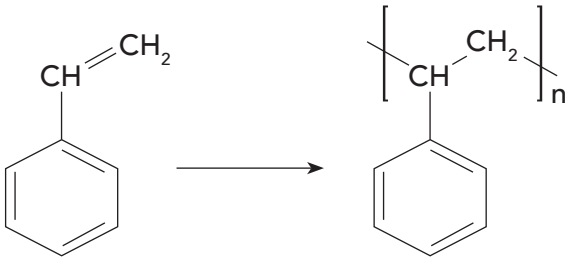



Fuente: [2].

## Poliestireno

Es un polímero formado por la unión química de unidades de estireno (figura 4).

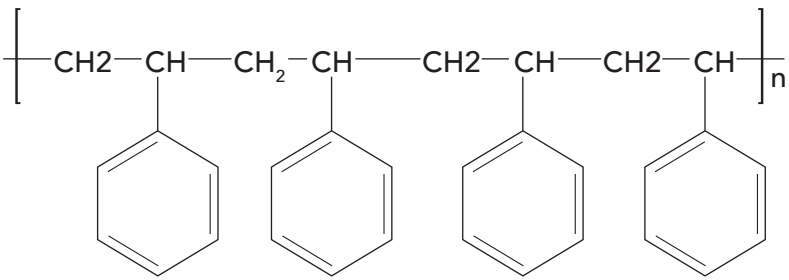
**Figura 4.** Formación del poliestireno a partir de estireno.




Fuente: [3].

En la figura 5 se muestra un fragmento de poliestireno en el que se aprecia la organización de los radicales fenilo en una sola dirección.

**Figura 5.** Fragmento de poliestireno



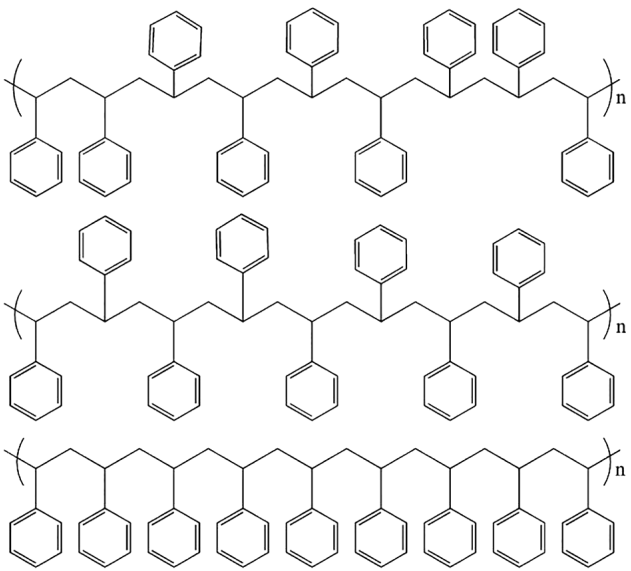

Fuente: [3].

Es interesante indicar que las propiedades de un polímero no solo dependen del tipo de monómero que lo conforman, sino también de la orientación espacial de sus radicales. En el caso del poliestireno, la orientación de los radicales fenilo proporciona propiedades diferentes al polímero resultante. Cuando todos los radicales fenilo tienen la misma orientación —como en la figura 5—, se trata del poliestireno isotáctico, un polímero altamente organizado, cuyas cadenas poliméricas pueden empaquetarse y generar una molécula dura y cristalina. Este

tipo de polímero no tiene aplicación comercial, por lo que su producción es baja.

El poliestireno atáctico es aquel en el cual los radicales fenilo no tienen una orientación definida y están dispuestos al azar. Sus cadenas no se empaquetan de forma eficiente y, por tanto, no es un polímero cristalino. En el poliestireno sindiotáctico, los radicales están dispuestos de forma alternante, proporcionando un mayor grado de organización que el atáctico (figura 6).

**Figura 6.** Tacticidad (arreglo) de los radicales fenilos del poliestireno. En la parte superior se muestra una cadena en arreglo atáctico (sin orden); en el medio, una cadena sindiotáctica (orden alternante); en la parte inferior, una cadena isotáctica (igual orientación).




Fuente: [3].

Además del arreglo espacial de los radicales, el poliestireno se puede fabricar como sólido y como espuma. En el primer caso implica casi

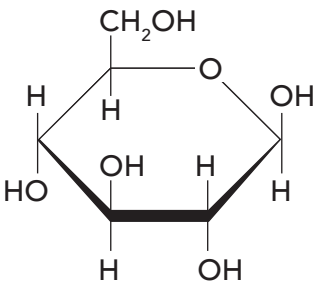
siempre la polimerización atáctica; como espuma consiste en la inyección de gas, proceso en el que las cadenas poliméricas se expanden y forman un polímero de baja densidad. En Colombia se le conoce como *icopor*, y es ampliamente empleado como aislante térmico y acústico; se utiliza también en construcción, en empaques de alimentos y en embalajes. Por su parte, el poliestireno sólido es empleado en empaques, cajas de CD, máquinas de afeitar desechables y envases para yogur.

## Algunos polímeros naturales

### Celulosa

Es un polímero estructural propio de las plantas, es decir, forma parte de los tejidos de sostén de hojas, tallos, raíces y algunos frutos. La β-D-glucosa es el monómero a partir del cual es sintetizado (figura 7).

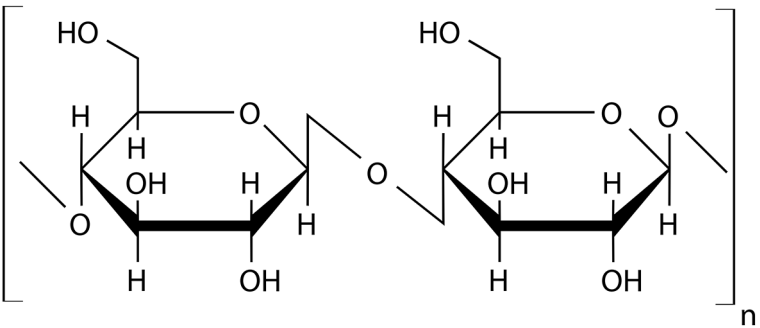
**Figura 7.** Estructura de la β-D-glucosa, monómero que forma la celulosa




Fuente: [4].

En la figura 8 se muestra un fragmento de celulosa.

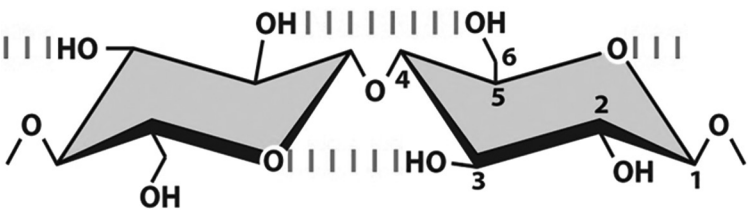
**Figura 8.** Fragmento estructural de la celulosa




Fuente: [5].

Sin embargo, la geometría de las aldohexosas —entre ellas la glucosa—, lejos de ser un hexágono regular, tiene la conformación más estable de sus moléculas en silla. En la figura 9 se indica un fragmento de la celulosa en la que los monómeros correspondientes se encuentran en esta conformación.

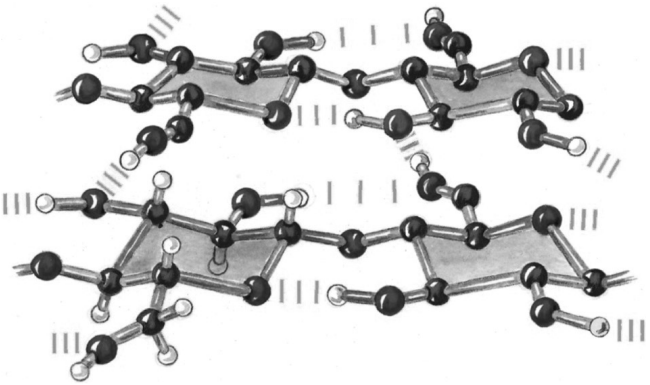
**Figura 9.** Fragmento de celulosa, conformación de silla




Fuente: [4].

La rigidez de la celulosa se debe a la asociación tridimensional por puentes de hidrógeno entre las cadenas lineales que la conforman, como se muestra en la figura 10.

**Figura 10.** Asociación por puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de las cadenas lineales de celulosa



Fuente: [4].

## Proteínas

Son polímeros formados por la unión química de aminoácidos. Los sistemas biológicos poseen una gran cantidad de proteínas diferentes, y cada una tiene roles estructurales o funcionales. Dentro de las proteínas estructurales se encuentran, por ejemplo, el colágeno, la miosina, la queratina y la elastina; dentro de las funcionales, la hemoglobina, la mioglobina, la albúmina, la lisozima, entre muchas otras.

La figura 11 muestra un péptido corto, compuesto por la unión química de seis aminoácidos, como ejemplo de las uniones peptídicas encontradas en una proteína. Se considera una cadena polipeptídica, o proteína, cuando el péptido tiene aproximadamente más de cincuenta aminoácidos unidos.