

LUCIANA CASTILLO / ANDRÉS CIOLINO

SINFONÍA
MACROMOLECULAR
(una rapsodia polimérica)



COLECCIÓN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Sinfonía macromolecular: una rapsodia polimérica / Luciana Castillo; Andrés Eduardo Ciolino; prólogo de Numa J. Capiati; Enrique M. Vallés. -1.a ed.- Bahía Blanca: Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Ediuns, 2020.
160 p.; 22 x 17 cm.

ISBN 978-987-655-254-7

1. Química. 2. Música. I. Ciolino, Andrés Eduardo. II. Capiati, Numa J., prolog. III. Vallés, Enrique M., prolog. IV. Título.
CDD 547.7



Editorial de la Universidad Nacional del Sur

Santiago del Estero 639 – B8000HZK – Bahía Blanca – Argentina

Tel.: 54-0291-4595173 / Fax: 54-0291-4562499

www.ediuns.com.ar | ediuns@uns.edu.ar



**Libro
Universitario
Argentino**

CiN REUN

Red de Editoriales
de Universidades Nacionales
de la Argentina

Diagramación interior y tapa: Fabián Luzi

Corrección de estilo: Franco Magi

No se permite la reproducción parcial o total, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las Leyes 11723 y 25446. Queda hecho el depósito que establece la Ley 11723.

Bahía Blanca, Argentina, septiembre de 2020.

© 2020 Ediuns.

«Poseemos en nosotros mismos toda la música. Yace en las capas mismas del recuerdo. Todo lo que es musical es una cuestión de reminiscencia, en la época en que no teníamos nombre debimos de haberlo oído todo».

Émile Cioran*

* Escritor y filósofo rumano. Al igual que los filósofos cínicos y epicúreos, pretendió instaurar un pensamiento a contracorriente de lo establecido. Son famosos sus aforismos, que resumen en pocas palabras su filosofía.

PRÓLOGO I

La literatura científica sobre la síntesis, estructura, caracterización y propiedades de polímeros es hoy abundante en coincidencia con las posibilidades que ofrece este sector tecnológico; dando como resultado una variedad de polímeros sintéticos que cubren muchos requerimientos de los materiales actuales.

El libro comprende cinco partes. Las dos primeras discuten el origen, las características atómicas y fisicoquímicas, y la interacción entre átomos y moléculas de las que resulta la enorme variedad de los polímeros sintéticos. Se ofrecen, además, ejemplos de materiales poliméricos que han reemplazado a metales, madera, vidrio, asbestos, pieles y fibras vegetales, cementos, gomas y muchos otros.

Las dos partes siguientes tratan los mecanismos de unión y ordenamiento de átomos para formar macromoléculas. Además, la capacidad del átomo de carbono para formar enlaces simples, dobles o triples con otros elementos posibilita la formación de estructuras macromoleculares complejas. En general, el procesamiento de polímeros depende de su naturaleza y comportamiento frente a elevadas temperaturas. Así, se califica como “termoplástico” al polímero de estructura lineal o ramificada, y “termoestable” al de estructura entrecruzada.

En los termoplásticos las moléculas están unidas por fuerzas intermoleculares (de Van Der Waals) y su respuesta a altas temperaturas es la disminución de rigidez, resistencia mecánica y la fusión. Ejemplos de este grupo son el polietileno, polipropileno, poliestireno, PVC, etc. Los polímeros termoestables están formados por redes tridimensionales de moléculas unidas por enlaces covalentes. Esta estructura proporciona alta resistencia mecánica y estabilidad, pero baja elasticidad y fragilidad. Ejemplos de termoestables son: resinas fenólicas (baquelita), epoxi y de urea-formaldehído; cauchos vulcanizados y poliésteres insaturados.

Los termoplásticos se procesan básicamente calentando el material a una temperatura tal que funda y/o reduzca su viscosidad. Luego el material puede ser forzado a pasar a través de una boquilla (extrusión), inyectado dentro de un molde (inyección), soplado con aire caliente (soplado), o moldeado por calor y presión (termoformado). Los polímeros termoestables ofrecen menos posibilidades de procesamiento: el moldeo por compresión o por transferencia, y la vulcanización de caucho son algunos de ellos.

Por último, discute la participación de los polímeros en la sustentabilidad medioambiental. Los polímeros han resultado exitosos, funcional y económicamente, en el reemplazo de otros materiales. Sin embargo, persiste aún el compromiso de sustentabilidad con el medioambiente, especialmente en tres aspectos:

1. minimizar la cantidad de residuos mediante el diseño inteligente de materiales poliméricos,
2. maximizar la reutilización en todas las etapas, desde la producción hasta la disposición final,
3. impulsar la recolección selectiva de materiales especialmente de envases.

ING. NUMA J. CAPIATI

Investigador Superior y Emérito CONICET
Miembro Fundador Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI)

PRÓLOGO II

He leído con sumo placer *Sinfonía Molecular* de Luciana Castillo y Andrés Ciolino. El libro, a modo de un atrayente mural compuesto por brillantes y coloridas pinceladas, nos invita a recorrer de forma entretenida y cautivante la historia de los principales acontecimientos que llevaron al ingenio humano a develar, mediante la observación y el espíritu deductivo, los principios más relevantes que permitieron establecer en el curso de los últimos tres siglos los conceptos básicos de la estructura atómica y molecular; para luego avocarse en forma didáctica y amena a la descripción del increíble devenir de descubrimientos que llevaron a entender los primeros principios de la química macromolecular. El recorrido continúa, relatándonos los hechos a veces fortuitos y otras veces producto de la tenacidad y el esfuerzo de los investigadores, que permitieron el desarrollo de los principales grupos de polímeros que hoy forman parte del uso cotidiano en todo tipo de productos que contribuyen a mejorar significativamente nuestra calidad de vida. Es esta una obra que permitirá a todo aquel que quiera interiorizarse sobre este mundo maravilloso que configuran los polímeros una guía accesible y de fácil lectura, pero no carente de rigurosidad.

DR. ENRIQUE M. VALLÉS

Investigador Superior y Emérito CONICET
Profesor Emérito UNS

PROGRAMA

Obertura (Almendra. *Almendra II*, 1970)

» PÁGINA 17

PRIMERA PARTE: **BREVE HISTORIA DE LA QUÍMICA**

Que sea el sol (Pedro y Pablo. *Apóstoles*, 1975).

» PÁGINA 21

Natural (José Alberto Iglesias, Tanguito. *Tango*, 1973)

» PÁGINA 22

El juego comienza (GIT. *GIT*, 1984)

» PÁGINA 24

99 globos rojos («99 Red Balloons». Nena. *Simple*, 1983)

» PÁGINA 26

¿Qué ves? (Divididos. *La era de la boludez*, 1993)

» PÁGINA 28

A mi lado («By My Side». INXS. *X*, 1990)

» PÁGINA 30

Pegado a vos («Stuck With You». Huey Lewis and the News. *Fore!*, 1986)

» PÁGINA 32

Mi elemento (Luis Alberto Spinetta. *Un mañana*, 2008)

» PÁGINA 34

Cerca de la revolución (Charly García. *Piano Bar*, 1984)

» PÁGINA 35

No se desesperen (Abuelos de la Nada. *Vasos y besos*, 1983)

» PÁGINA 38

Juntos a la par (Pappo. *Buscando un amor*, 2003)

» PÁGINA 39

Los libros de la buena memoria (Invisible. *El jardín de los presentes*, 1976)

» PÁGINA 41

Únanse («Come Together». The Beatles. *Abbey Road*, 1969)

» PÁGINA 44

☞ SEGUNDA PARTE: **POLÍMEROS Y MACROMOLÉCULAS**

Té en el Sahara («Tea in the Sahara». The Police. *Synchronicity*, 1983)

» PÁGINA 51

Desde que el mundo empezó («Ever Since the World Began». Survivor. *Eye of the Tiger*, 1982)

» PÁGINA 54

Filosofía barata y zapatos de goma (Charly García. *Filosofía barata y zapatos de goma*, 1990)

» PÁGINA 55

Laten bolas (Bersuit Vergarabat. *Bersuit*, 2006)

» PÁGINA 58

Brillante sobre el mic (Fito Páez. *El amor después del amor*, 1992)

» PÁGINA 60

Niños de plástico (Víctor Heredia. *Aquellos soldaditos de plomo*, 1983)

» PÁGINA 62

Luz de día (Enanitos Verdes. *Néctar*, 1999)

» PÁGINA 64

Casualidad (Los Rancheros. *Tierra Bendita*, 1993)

» PÁGINA 67

Mensaje en una botella («Message in a Bottle». The Police. *Reggatta de Blanc*, 1979)

» PÁGINA 73

Telgopor (Luis Alberto Spinetta. *A 18 minutos del sol*, 1977)

» PÁGINA 75

Polvo en el viento («Dust in the Wind». Kansas. *Point of Know Return*, 1977)

» PÁGINA 79

Demasiada presión (Los Fabulosos Cadillacs. *Volumen 5*, 1990)

» PÁGINA 82

Aquí, allá y en todas partes («Here, There and Everywhere». The Beatles. *Revolver*, 1966)

» PÁGINA 85

Esperando el impacto (Bersuit Vergarabat. *Testosterona*, 2006)

» PÁGINA 86

En tus ojos («In your Eyes». Peter Gabriel. *So*, 1986)

» PÁGINA 87

Avenida eléctrica («Electric Avenue». Eddy Grant. *Killer on the Rampage*, 1982)

» PÁGINA 91

☞ TERCERA PARTE: **SÍNTESIS DE POLÍMEROS**

Esperando nacer (Serú Girán. *Peperina*, 1981)

» PÁGINA 97

Aprendizaje (Sui Géneris. *Confesiones de invierno*, 1973)

» PÁGINA 97

Amor o acuerdo (Virus. *Wadu-Wadu*, 1981)

» PÁGINA 101

Estar contigo («To Be with You». Mr. Big. *Lean Into It*, 1991)

» PÁGINA 106

Mil horas (Abuelos de la Nada. *Vasos y besos*, 1983)

» PÁGINA 107

Una y otra vez («Time After Time». Cyndi Lauper. *She s so Unusual*, 1983)

» PÁGINA 110

Nunca nos separen («Never Tear Us Apart». INXS. *Kick*, 1988)

» PÁGINA 118

☞ CUARTA PARTE: PROCESAMIENTO Y PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS

Un pacto para vivir (Bersuit Vergarabat. *De la cabeza con Bersuit Vergarabat*, 2002)

» PÁGINA 123

Levantando la temperatura (Los Abuelos de la Nada. *Los Abuelos de la Nada*, 1982)

» PÁGINA 123

Tornillo eterno (Viejas Locas. *Viejas Locas*, 1995)

» PÁGINA 126

Inyección («Injection». Rise Against. *The Sufferer & the Witness*, 2006)

» PÁGINA 127

Un soplo de amor (Abel Pintos. *Sentidos*, 2004)

» PÁGINA 128

(Loco) Tu forma de ser (Los Auténticos Decadentes. *El milagro argentino*, 1989)

» PÁGINA 129

Bajo presión («Under Pressure». Queen. *Hot space*, 1982)

» PÁGINA 130

Tu cura (Manuel Wirzt. *Vení*, 2010)

» PÁGINA 131

Así es el calor (Abuelos de la Nada. *Vasos y besos*, 1983)

» PÁGINA 132

Mi historia entre tus dedos («La Mia Storia Tra le Dita». Gianluca Grignani. *Destinazione Paradiso*, 1995)

» PÁGINA 132

La bolsa (Bersuit Vergarabat. *De la cabeza con Bersuit Vergarabat*, 2002)

» PÁGINA 134

Durmiendo en mi auto («Sleeping in My Car». Roxette. *Crash! Boom! Bang!*, 1994)

» PÁGINA 136

Frágil («Fragile». Sting. *Nothing Like the Sun*, 1987)

» PÁGINA 137

Dos caras de una moneda (Natalia Pastorutti. *Me dejó andar*, 2007)

» PÁGINA 138

Té para tres (Soda Stereo. *Canción Animal*, 1990)

» PÁGINA 139

Spaghetti del rock (Divididos. *Navigón del siglo*, 2000)

» PÁGINA 140

Feliz entre tus piernas (Estopa. *La Maqueta*, 1999)

» PÁGINA 141

☞ QUINTA PARTE: **REDUCIR, RECICLAR, REUTILIZAR**

Hoy te necesito (Manuel Wirzt. *Cielo & Tierra*, 1996)

» PÁGINA 145

Recicla (Sandra Mihanovich. *Vuelvo a estar con vos*, 2012)

» PÁGINA 149

Amor biodegradable (Los Rápidos. *Rápidos*, 1981)

» PÁGINA 152

No sueñes que terminó («Don't Dream this Over». Crowded House. *Crowded House*, 1986)

» PÁGINA 153

BIBLIOGRAFÍA

» PÁGINA 155

OBERTURA

(¡Preparándonos para una sinfonía de átomos!)

Nuestro mundo se transforma de manera vertiginosa. En menos de un siglo, prolongamos la expectativa de vida a más de 80 años; logramos comunicarnos prácticamente en cualquier instante; acortamos distancias que antes llevaban meses unir; y mejoramos nuestra calidad de vida con modernos artefactos, medicinas, alimentos y tecnologías. ¿Cómo logramos esto? En primer lugar, todos estos avances ocurren porque los seres humanos somos muy inquietos y queremos continuamente superarnos. Por otra parte, hoy como nunca antes tenemos un mayor conocimiento del universo en que vivimos. ¿Y cómo alcanzamos todo este conocimiento? Sin dudas, gracias al aporte de muchos espíritus curiosos, quienes con sus ideas y pensamientos han cambiado nuestra forma de observar y entender nuestro mundo a lo largo de la historia.

Los químicos e ingenieros pertenecen a ese conjunto de seres curiosos que transformaron el mundo y nuestra vida. Y a pesar de que la química y la ingeniería se desarrollaron como ciencias en los últimos tres siglos, la humanidad ha empleado ingeniosos dispositivos, reacciones y transformaciones químicas desde sus inicios sin siquiera saber realmente qué fenómeno mecánico, físico o químico estaba ocurriendo.

Muchos de los avances que la humanidad les debe a la ingeniería o a la química están directamente ligados a los polímeros, esas moléculas gigantes que resultan de la unión química de numerosos átomos y que se disponen espacialmente formando estructuras tan simples como largas cadenas o complejas como la famosa doble hélice del ADN. Desde los pelos y uñas que forman parte de nuestro cuerpo hasta los plásticos modernos que dan soporte a la mayoría de los artefactos eléctricos que utilizamos, macromoléculas y polímeros han formado, forman y formarán parte de nuestra vida. Pero ¿cómo hicieron los científicos para darse cuenta de eso? ¿A quién se le ocurrió que todo lo conocido podía estar formado por diminutas unidades elementales a las que llamamos átomos? ¿Cómo es que esos átomos se unen para formar moléculas? ¿Cuán grandes y cuán largas pueden ser estas moléculas? ¿Qué tipo de comportamiento presentan estas largas cadenas? ¿Es posible obtenerlas de manera sintética? ¿Somos capaces de imitar las macromoléculas que fabrica la naturaleza?

A lo largo de las próximas páginas intentaremos dar respuestas a estas preguntas. También, trataremos de entender cómo los átomos se ordenan y disponen para formar las más increíbles combinaciones, desde la sencilla molécula de hidrógeno hasta las más complicadas estructuras macromoleculares. Como en una partitura, donde cada nota se combina con otras para dar origen a las más variadas armonías, del mismo modo los átomos se unen para crear la música que constituye la materia que forma el universo en el que vivimos. ¿Les gustaría disfrutar de esta extraordinaria sinfonía? Si la respuesta es afirmativa, entonces, estimado lector, lo invitamos a recorrer la sinfonía macromolecular que podrá disfrutar en las páginas siguientes.