



# Los Avances de la Química y su Impacto en la Sociedad VI Edición

## Los polímeros nos rodean

Pilar Tiemblo Magro

Madrid, 26 de octubre de 2017

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP-CSIC)

HemPol.



1947

El ICTP Investigación Transferencia Publicaciones Servicios Formación Agenda Prevención Intranet

Entrevista M.R. Aguijar P.

Enlaces

- Innov@ccinea 360+
- Redes del ICTP
- Memorias ICTP
- Revista de Plásticos Modernos
- Máster 2016
- CSIC
- InfoICTP

Eventos

Congreso  
6 Noviembre 2018 - 3:15pm  
XVI Simposio Latinoamericano de Polímeros  
SLAP 2018

Seminario  
31 Octubre 2017 - 9:00am  
Seminario de Jóvenes Investigadores en Polímeros  
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros ICTP-CSIC

Seminario  
11 Octubre 2017 - 12:00pm  
Manage and process chemical and biological information directly in the browser  
Luc Patiny de Chemical

Seminario  
5 Octubre 2017 - 12:00pm  
Análisis Químico-ecológico del Curado de Elastómeros Funcionalizados  
Beatriz Lucio

Defensa de Tesis Doctoral  
18 Septiembre 2017 - 11:00am  
Desarrollo, morfología y propiedades de nuevos materiales poliméricos termoes estable-termoplástico semicristalino y sus compuestos con nanotubos de carbono  
Eduin Iván González Castillo

Noticias ICTP

- RELEASCELL, proyecto en el que participa el ICTP, galardonado con el premio Incubación HealthStart 2017
- Arquitectura y moda conectados gracias a materiales poliméricos con memoria de forma desarrollados, entre otros, en el ICTP
- El ICTP participa en el proyecto Wall Dress, ganador de Samsung EGD Innovation Project
- Polímeros Divertidos
- Investigadores del ICTP describen un nuevo método para el procesado sostenible de grafeno

RSS

- La mortalidad por cáncer es un 17% mayor en los pueblos industriales de España
- S. Chandrasekhar, la estrella de la astrofísica moderna
- España atiborra al ganado con antibióticos
- «forza Motorsport 7»: un derroche de belleza gráfica con apertura de misa
- Logan G, el «youtuber» de las bromas que aspira a grabar un videojuego
- Análisis del juego Gran Turismo Sport
- La inteligencia artificial ya aprende sola a ser invisible
- CaixaBank se suma al sistema de pago móvil Apple Pay
- ZTE Axón M, un extraño «smartphone» de dos pantallas que (casi) se pliegan
- Destiny 2 para PC a partir del 24 de octubre

1950

1959

<http://www.ictp.csic.es/ICTP2/>



INSTITUTO DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA DE  
POLÍMEROS

Química Física de Materiales Poliméricos Heterogéneos

**GRUPO HEMPOL**

*Dpto Química-Física*



<http://hempol.ictp.csic.es/>

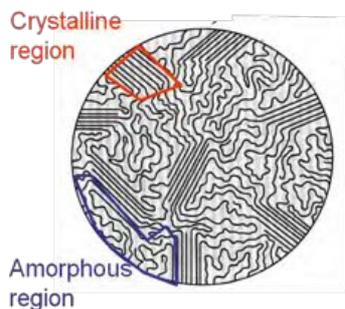
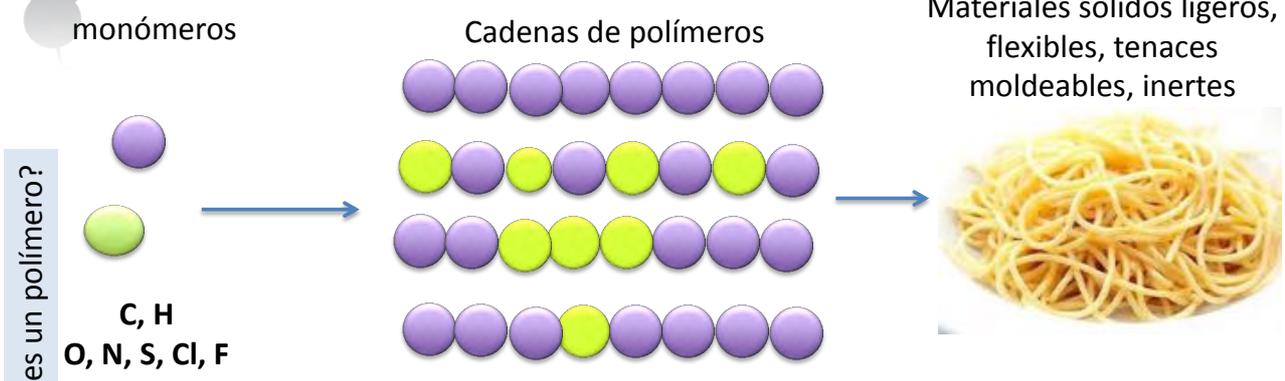


- ❑ Superficies superhidrófobas, superdeslizantes, anticorrosión.
- ❑ Electrolitos sólidos poliméricos para baterías
- ❑ MOFs + polímeros vítreos, adsorción de gases
- ❑ Propiedades de Transporte

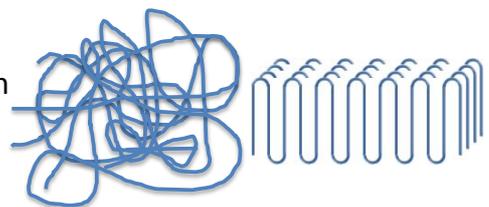


*HemPol.*

## ¿Qué es un polímero?



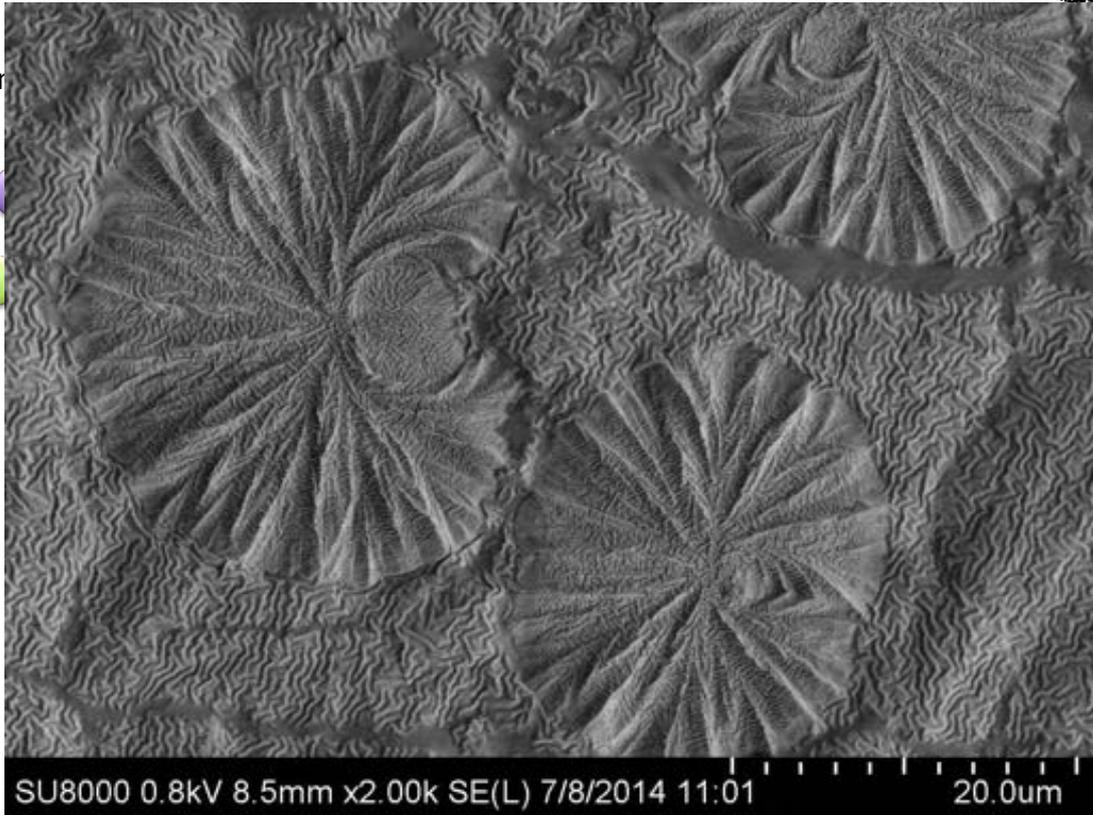
los polímeros son  
amorfos o  
semicristalinos



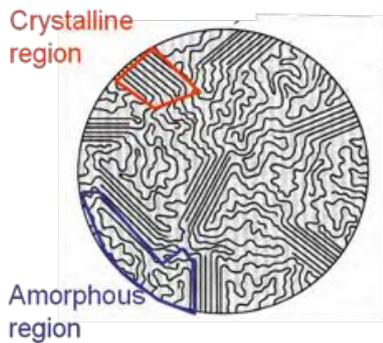
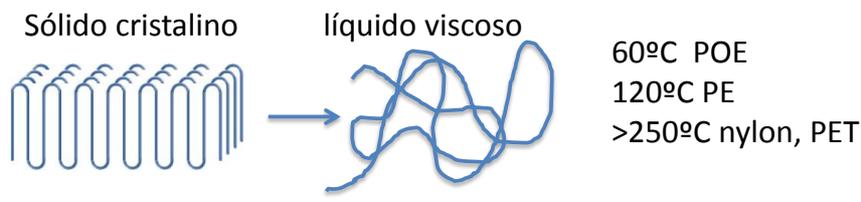
*HemPol.*

# ¿Qué es un polímero?

¿Qué es un polímero?



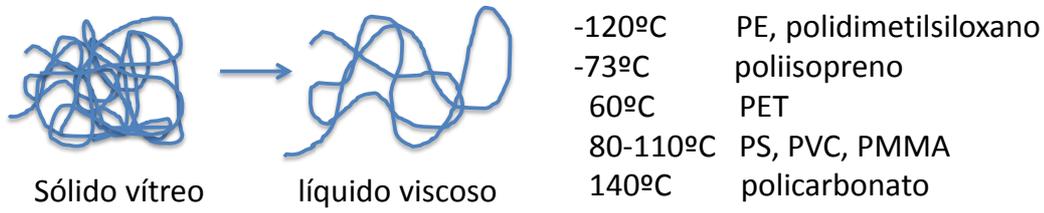
## Fusión de los cristales

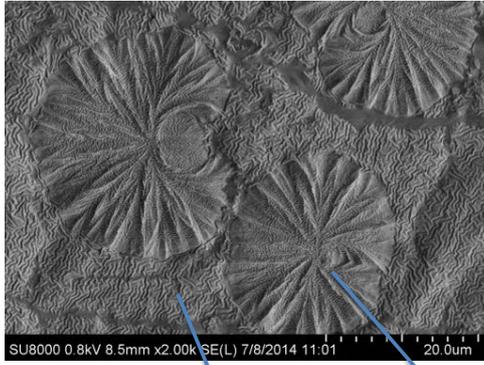


Sólidos hasta 300°C  
Baja densidad: ≈0,9-1,1 g/cc  
Elevada movilidad molecular (fase amorfa)

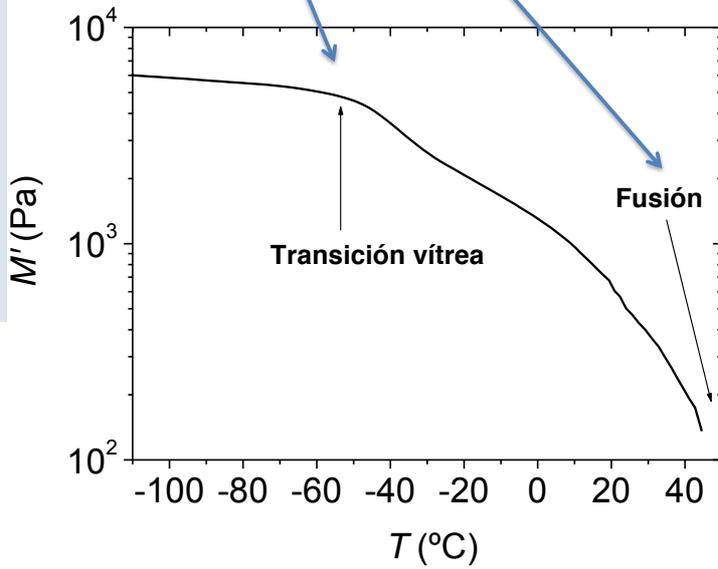
¿Qué es un polímero?

## Transición vítrea





¿Qué es un polímero?

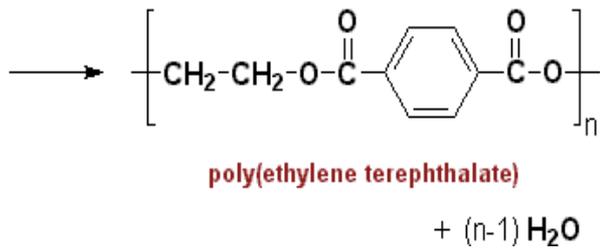
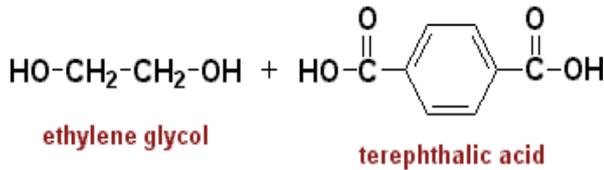


Polímeros semicristalinos con  $T_g < T_{amb}$

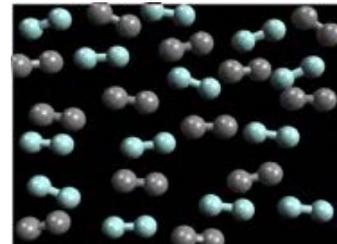
- Polietileno (LDPE, HDPE)
- polióxido de etileno (POE)
- polióxido de metileno (POM)
- Polipropileno (PP)

HemPol.

Policondensación

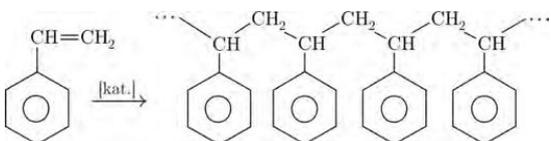


Polimerización por etapas

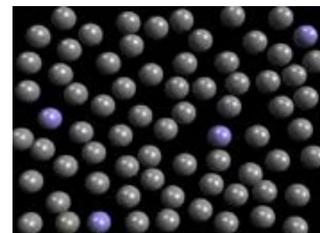


¿Qué es un polímero?

Poliadición



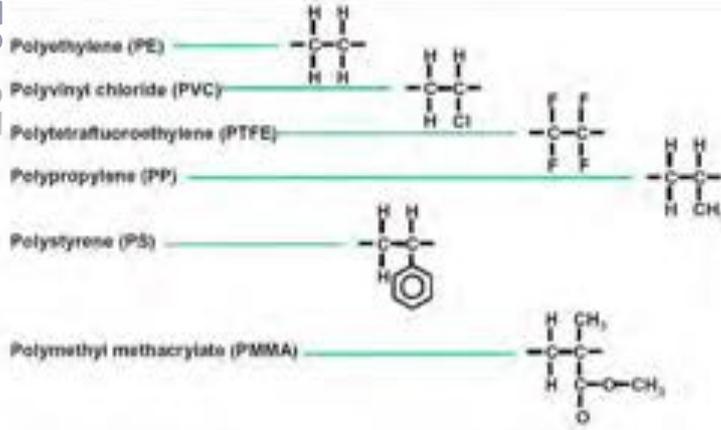
Polimerización en cadena



HemPol.



## Estructura química de la unidad repetitiva



- Longitud de la cadena
- Ramificaciones
- Copolimerización
- Entrecruzamientos
- Cristalinidad

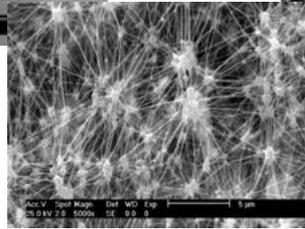
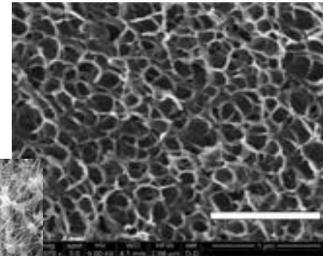
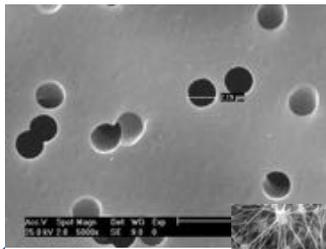
+

Procesado

fibra, lámina, espumado, etc...

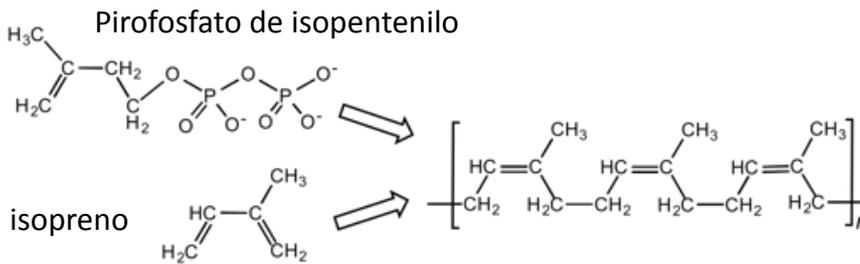
I ¿Qué es un polímero?

PROPIEDADES



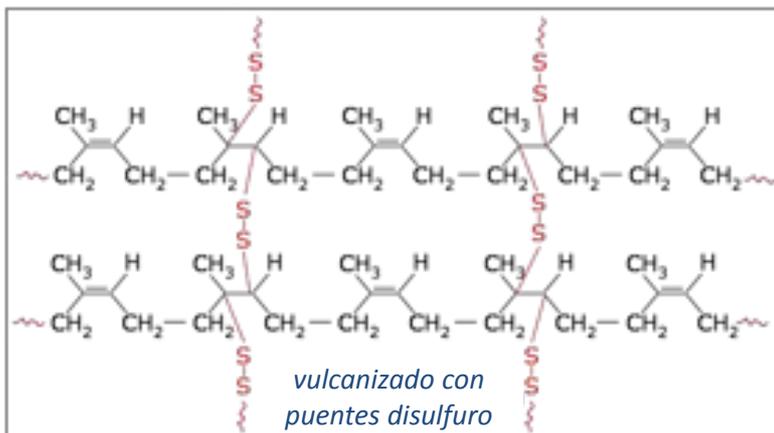
HemPol.

## Caucho, natural caucho natural vulcanizado, caucho sintético



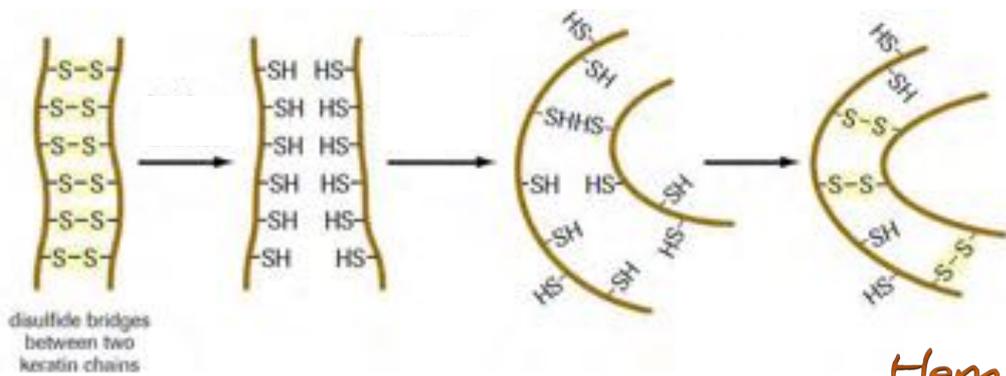
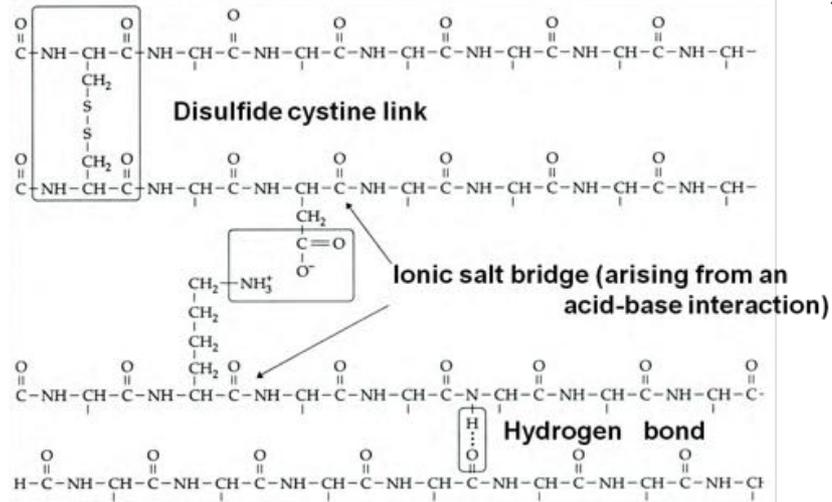
B. Díaz del Castillo describe las pelotas de goma, México, S XVII

II Primeros polímeros



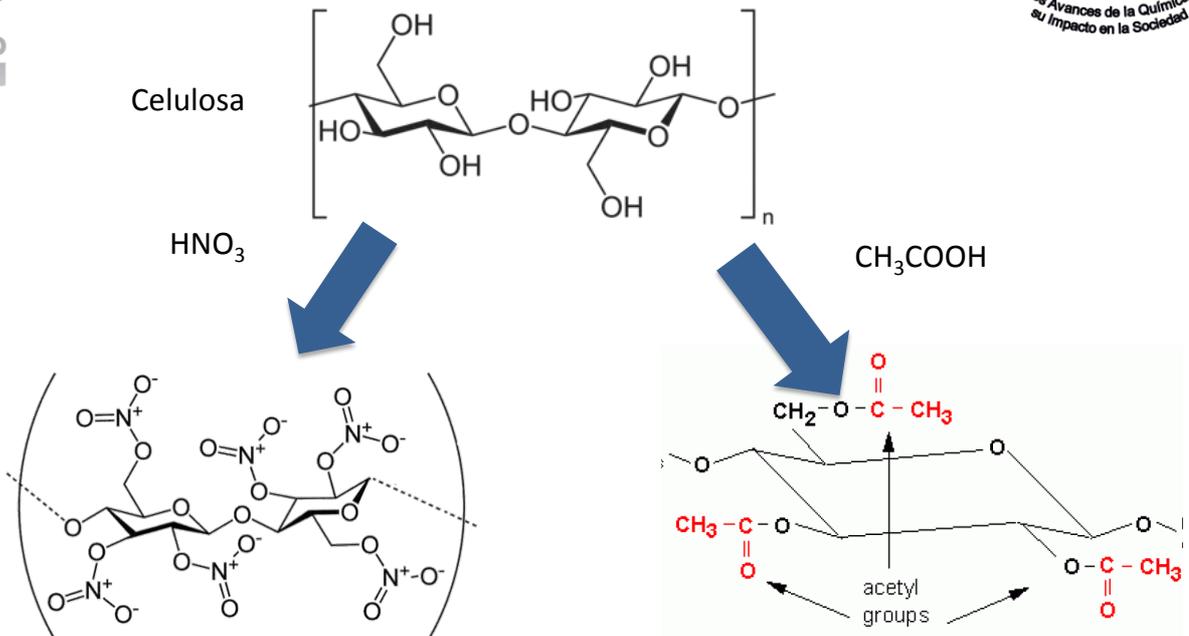
En 1839, Goodyear mezcló caucho y azufre en caliente e inventó la vulcanización

HemPol.



HemPol.

Celulosas modificadas: parkesina, celuloide, acetato de celulosa

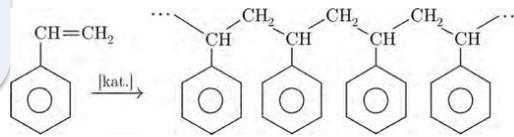


Nitrocelulosa, muy inflamable,  
«celuloide», aprox 1870  
flexible, se puede enrollar

Acetato de celulosa, principios  
del XX, mucho mas seguro, se  
degrada con facilidad

HemPol.

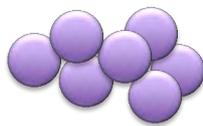
En 1839, se aísla el *storax* del árbol *Liquidambar styraciflua*. Al exponer este aceite a la luz, el aire, el calor, observa que se transforma en una sustancia gomosa, sólida, el **poliestireno**



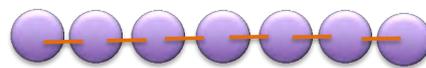
Luz  
Calor



Cauchos, celulosas, proteínas, se sabía que todos ellos tenían pesos moleculares muy elevados pero **¿se trataba de coloides o grandes moléculas?**



?

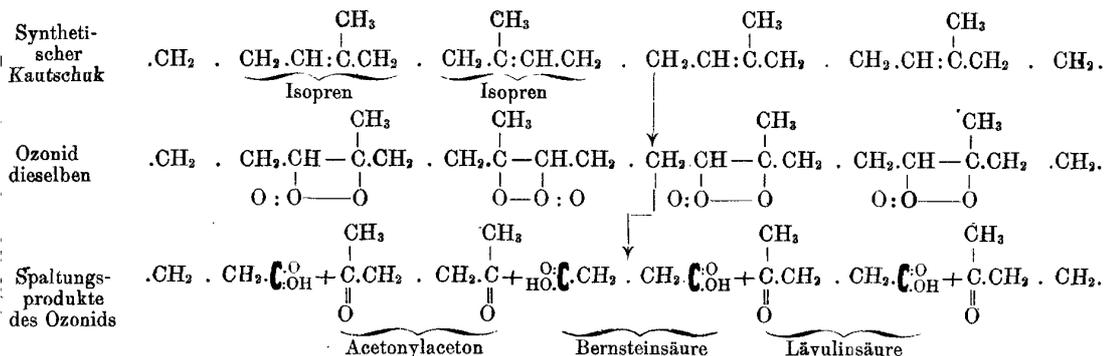


**Coloide...** dispersión de dos fases, donde no hay decantación, y donde las fases no pueden separarse por filtrado o centrifugado, u otras formas simples de separación

En la 2ª mitad del S. XIX se acepta la **teoría de la asociación** de Thomas Graham sobre la estructura molecular de sustancias de alto peso molecular como el almidón o la celulosa. Según la teoría de la asociación estos compuestos están constituidos por moléculas pequeñas unidas entre sí por una fuerza desconocida. A estos compuestos se les llama coloides (*semejante a la cola*).



En 1920 Staudinger propone en su famoso "Über polymerisation" que el caucho, el almidón, la celulosa y las proteínas son cadenas largas formadas por la unión covalente de unidades moleculares más pequeñas. Polimeriza monómeros, hidrogena poliestireno para dar polihexahidroestireno y muestra cómo sus propiedades mecánicas no cambian.



**Resinas de fenol-formaldehido *baquelitas* 1907, Baekeland**

aislamiento eléctrico  
alta resistencia térmica

**termostables**

phenol + formaldehyde (many steps) → Bakelite

Oc1ccc(O)cc1 + H2C=O → Oc1ccc(O)cc1



Oc1ccc(O)cc1 + CC(=O)C  $\xrightarrow{HO^-}$  Oc1ccc(O)cc1CO

**Neopreno 1930, Carothers para Dupont**

caucho sintético, flexible en un intervalo de T muy amplio, y químicamente inerte

CC(Cl)=C



**Poliésteres (1932, fibras fuertes y elásticas para textiles)**

fibras resistentes para textiles

$(n+1) R(OH)_2 + n R'(COOH)_2 \rightarrow HO[ROOCR'COO]_n ROH + 2n H_2O$



**Polietileno (1898/1933/ años 50)**

aislamiento de cables, II G.M.,

CC

Hula hoop 1958, con PE que había salido mal.

Catálisis Ziegler-Natta TiCl3 o TiCl4 + MAO



**Polimetacrilato de metilo PMMA (Plexiglass, Otto Rohm, 1933)**

Ventanas en carlingas de Spitfire, II GM y lentes de contacto




CC(=O)OC

**Nylon poliamida 6,6 (Carothers para Dupont, 1935)**

como fibras muy resistentes

HOOC-□-COOH + H2N-□-NH2  
a dicarboxylic acid a diamine

[-CO-□-CO-NH-□-NH-]\_n  
a polyamide



**Polietilentereftalato PET 1941**

Usos en forma de película Mylar  
En 1973 la primera botella

OC(=O)-C6H4-C(=O)O-CH2-CH2-

**Polímeros barrera**



### ¿Por qué tuvieron tanto éxito los polímeros tan rápidamente?

- Hasta su descubrimiento no existía ningún sólido ligero, moldeable y tenaz. Sigue sin existir.
- A estas tres propiedades hay que añadir que su contacto es inocuo para el ser humano y que sus propiedades permanecen en periodos de tiempo largos.
- Su capacidad de aislamiento eléctrico es única

HemPol.

### ¿Por qué tienen estas propiedades los polímeros?

• El hecho de que las estructuras químicas de que están hechos **los polímeros sean básicamente de C, H** y en menores proporciones O o N (son materiales orgánicos) los hace poco tóxicos.

- Esa composición química, unida a su estructura en forma de **cadena larga hace que sean ligeros por un lado, y tenaces y flexibles**, y con capacidad para formar películas por otro.
- **Las fuerzas que mantienen juntas a las cadenas son relativamente débiles**, y por ello se pueden ablandar a temperaturas muy bajas en comparación con otros sólidos, entre 60° y 200°C muchos de ellos. Pensemos que para ablandar un metal o una cerámica, tenemos que aumentar la temperatura por encima de los 1000 °C.
- **Una vez ablandado, fundido, es muy sencillo darle forma**, metiéndolo en un molde y dejándolo enfriar o de otras formas análogamente simples. Es por ellos que **son fácilmente procesables y moldeables** en infinidad de formas.

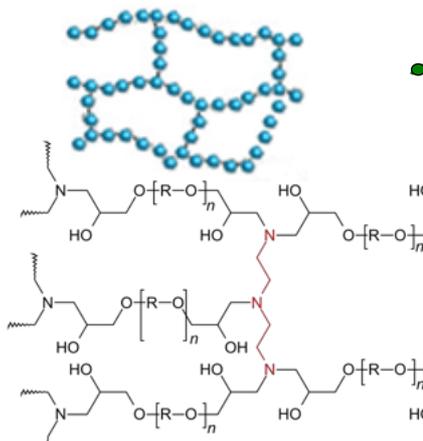
HemPol.



### Termoplásticos

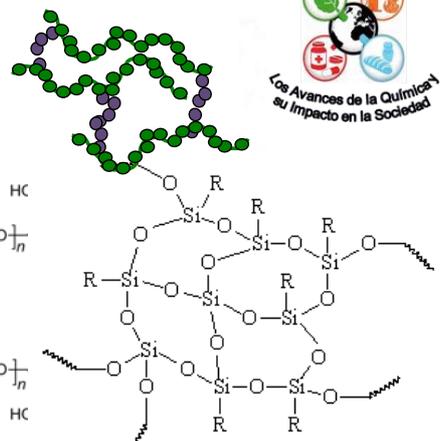


### Termoestables



resinas de fenol-formaldehído, epoxi, poliésteres insaturados, PU

### Elastómeros



Cauchos, siliconas,



III Propiedades y aplicaciones de los

Termoplást	Amorfos	Semicristalinos
Uso común	PS, PVC	LDPE, HDPE, PP
Ingeniería	PMMA, PC, TPU	PET, Nylon
Avanzados	PI, PS	PEEK, PVDF

### Composites de cualquiera de ellos

Construcción, automoción, aeronáutica, marina, palas de aerogeneradores

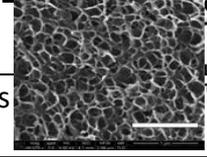
MATRICES		
TERMOPLÁSTICAS	TERMOESTABLES	ELÁSTOMEROS
Polipropileno PP Poliamidas PA Policarbonatos PC	POLIÉSTER INSATURADO UP Resinas Epoxi Resinas Viniléster Fenoles	Poliuretanos PU Siliconas SI

(Fuente: AIMPLAS)



### Demanda por tipo de polímero del total (49 mt) en 2015

Fuente Plastics Europe



6.9%	PS PS-E	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monturas de gafas, tazas, bandejas de huevos</li> <li>Embalaje, aislamiento en edificios (PS-E), etc</li> </ul>
7.1%	PET	<ul style="list-style-type: none"> <li>Botellas (agua, zumos, refrescos, productos de limpieza)</li> </ul>
7.5%	PUR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aislamiento (construcción, neveras,...) almohadas y colchones</li> </ul>
10.1%	PVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventanas, perfiles, tuberías, aislamiento de cables, recubrimientos de paredes y suelos</li> </ul>
12.1%	PE-HD, PE-MD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Juguetes, botellas, menaje, tuberías</li> </ul>
17.3%	PE-LD, PE-LLD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bolsas reutilizables, bandejas y menaje, film de envasado alimentario (PE-LLD), filmes para agricultura (PE-LD)</li> </ul>
19.1%	PP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envasado alimentario, envoltorios de caramelos y aperitivos, menaje apto para microondas, tuberías, piezas de automoción, billetes</li> </ul>
19.9%	Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tapacubos y similares (ABS); fibra óptica (PBT); lentes de contacto (PC); pantallas táctiles (PMMA); aislamiento de cables para telecomunicaciones (PTFE) y muchos otros, aplicaciones médicas, catéteres, prótesis, liberadores de fármacos, o en membranas de separación, filtración, potabilización, baterías electroquímicas, electrónica, dispositivos electrocrómicos, pantallas flexibles de TV</li> </ul>



III Los polímeros nos rodean

# Los polímeros nos rodean

III Los polímeros nos rodean



**Medicina y Farmacia**



**Agricultura**



**Alimentación**



**Ocio y deporte**



**Aeroespacial**



**Transporte**



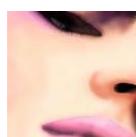
**Energía**



**Construcción**



**Medio ambiente**



**Cosmética**



**Electrónica**



**Náutica**

HemPol.

III Los polímeros nos rodean

	<p><b>Medicina</b> Tenacidad, ligereza, baja toxicidad, inercia química, biocompatibilidad</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fuera del cuerpo</i> jeringuillas, ampollas, viales, bolsas de sangre, tubos, membranas de hemodiálisis y de oxigenación</li> <li>• <i>En el cuerpo:</i> catéteres vasculares y urinarios, stents, vendajes, suturas, adhesivos, sellantes, mallas, implantes ortopédicos, prótesis, materiales para la osteosíntesis, cementos óseos, soportes para reparación de tendones y ligamentos, grapas vasculares, válvulas cardiacas, material base de cirugía plástica y reconstructiva, lentes de contacto e intraoculares, composites (dentista), conductos y «vainas» en neurocirugía</li> <li>• Poliacrilatos y polimetacrilatos en lentes intraocular y apósitos</li> <li>• Polímeros fluorados en catéteres, grapas vasculares, mallas</li> <li>• PVC altamente plastificado en bolsas para sangre</li> <li>• Nylon, suturas, reparación de tendones y ligamentos</li> <li>• Poliacrilonitrilo, policarbonato, membranas por ejemplo de diálisis</li> <li>• Poli éter éter cetonas elementos ortopédicos</li> <li>• Siliconas en membranas, catéteres, cirugía reconstructiva</li> <li>• Poliolefinas (PE, PP) ortopedia, prótesis</li> </ul>	
	<p><b>Farmacia</b> Biocompatibilidad, baja toxicidad, respuesta a estímulos</p>
<p><i>Liberación controlada de fármacos:</i> hidrogeles termosensibles en redes tridimensionales que absorben agua (y compuestos en disolución), con respuesta a la temperatura por tener LCST.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p style="text-align: center;"><i>Poliisopropilacrilamida</i></p> <chem>CC(C)C(=O)NC=C &gt;&gt; [AIBN] CC(C)C(=O)NCC(C)C(=O)NCC(C)C(=O)N</chem> </div> <div> </div> </div>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polimetacrilatos</li> <li>• Poliacrilatos</li> <li>• Poliacrilamida</li> <li>• Polivinil alcohol</li> </ul>	

HemPol.



### Agricultura 3.3% (del total en 2015)

Trasparencia, ligereza, moldeabilidad, inercia química, baja toxicidad

- *Polímeros estructurales*: invernaderos y similar, PMMA y PC (trasparentes, rígidos), poliésteres, polietilenos, copolímeros etileno acetato de vinilo (EVA)
- *Polímeros superabsorbentes* (hidrogeles), poliacrilatos y poliacrilamida, polivinilalcohol. Se emplean para retener y dosificar agua, o dosificar herbicidas y similares.
- *Polímeros biocidas*, evitan que la sustancia activa (herbicida, bactericida, pesticida) pase al medio ambiente descontroladamente, y dificultan que pueda incorporarse en la cadena alimenticia
- *Eliminación de metales pesados* del agua de lavado de suelos, con hidrogeles de intercambio iónico: Zn, Cu, Ni, Pb, Cr, Cd, Hg, As.
- *Membranas para desalinización* de aguas o purificación de aguas con muy bajo coste energético, polisulfonas, poliamidas, polímeros fluorados, poliolefinas



### Transporte: aeroespacial, náutico, automoción (8,9%)...

Propiedades mecánicas y bajo peso (estructurales), y propiedades como recubrimientos, adhesivos y sellantes

- PVC, PP, PE, PUR *espumados* en los asientos
- *Polímeros de ingeniería*, como poliamidas, polioximetileno, policarbonato, polibutilentereftalato, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), resinas epoxi y otras
- Composites con fibra de vidrio o fibra de carbono, donde se incrementa aún más el *módulo elástico por unidad de masa*
- *Polímeros conductores* para disipar energía eléctrica en aeroespacial
- *Adhesivos y sellantes*, resinas epoxídicas u otros sistemas entrecruzados
- *Recubrimientos especiales* (pinturas): reflectantes, antiestáticas, biocidas, antiincrustantes (marinas)

HemPol.



### Envasado 39.9% : Alimentación y otros

Ligereza, baja toxicidad, transparencia y moldeabilidad

- *Envase plástico «tradicional»* PE, PP, PET
- *Envase plástico barrera*, usando polímeros barrera que impiden el paso del oxígeno o la salida de gas carbónico (refrescos) o atmosferas protectoras. Poliamidas, PET, PVOH, PC, ...
- *Envase «transpirable»* que evita la condensación de agua
- *Envase/etiquetado inteligente*- trazabilidad, sensores de estado del contenido. Polímeros sensores (magnéticos, a compuestos específicos como aminas, etc)

### Construcción 19%

Ligereza, propiedades mecánicas, capacidad de recubrir, aislamiento térmico, eléctrico y acústico, moldeabilidad

- Ventanas, puertas, perfiles
- Tuberías, arquetas
- Aislamiento térmico, acústico y eléctrico
- Recubrimientos en suelos, paredes, exterior e interior
- Pinturas
- Mobiliario

HemPol.





### Energía

Movilidad iónica y electrónica, por su capacidad de aislamiento eléctrico, siempre unido a su bajo peso y tenacidad

- Polímeros en sistemas de *almacenamiento energético*: electrodos y electrolitos en baterías, condensadores y supercondensadores (electrolitos sólidos poliméricos). Polímeros fluorados (PVDF), polímeros conductores (polianilinas, politiofenos, polipirroles, polifluorenos), polimetacrilatos, polióxido de etileno.
- Polímeros en *células de combustible*,
- Polímeros y *energía fotovoltaica*: politiofenos, polifenilenos (PPV)
- Polímeros en *cableado eléctrico o como elementos aislantes*, PE, PVC, PVDF, epoxi
- Polímeros en *aerogeneradores*: resinas epoxi, resinas de poliéster, adhesivos acrílicos y epoxídicos



III Los polímeros nos rodean



### Electrónica (5,8%)

Movilidad electrónica unida a flexibilidad, ligereza y procesado por impresión sobre sustratos

- Diodos luminiscentes poliméricos, PLEDs: pantallas luminosas flexibles en sustitución de pantallas LCD (más ligeras, menos consumo, mejor calidad), fabricación por impresión sobre sustrato transparente (ej. PET) son polímeros como polianilinas, PPV, polifluorenos
- Transistores de efecto campo FETs poliméricos: electrónica, son politiofenos, poliacetilenos, PPV, polifluorenos, pueden procesarse por impresión

<https://www.voltera.io/>

HemPol.

IV Polímeros y medioambiente

Síntesis a partir de recursos no renovables y generación de subproductos tóxicos

Residuos- bolsas, envases, fibras y microfibras

Polímeros y Medioambiente

aditivos y posible toxicidad en su uso

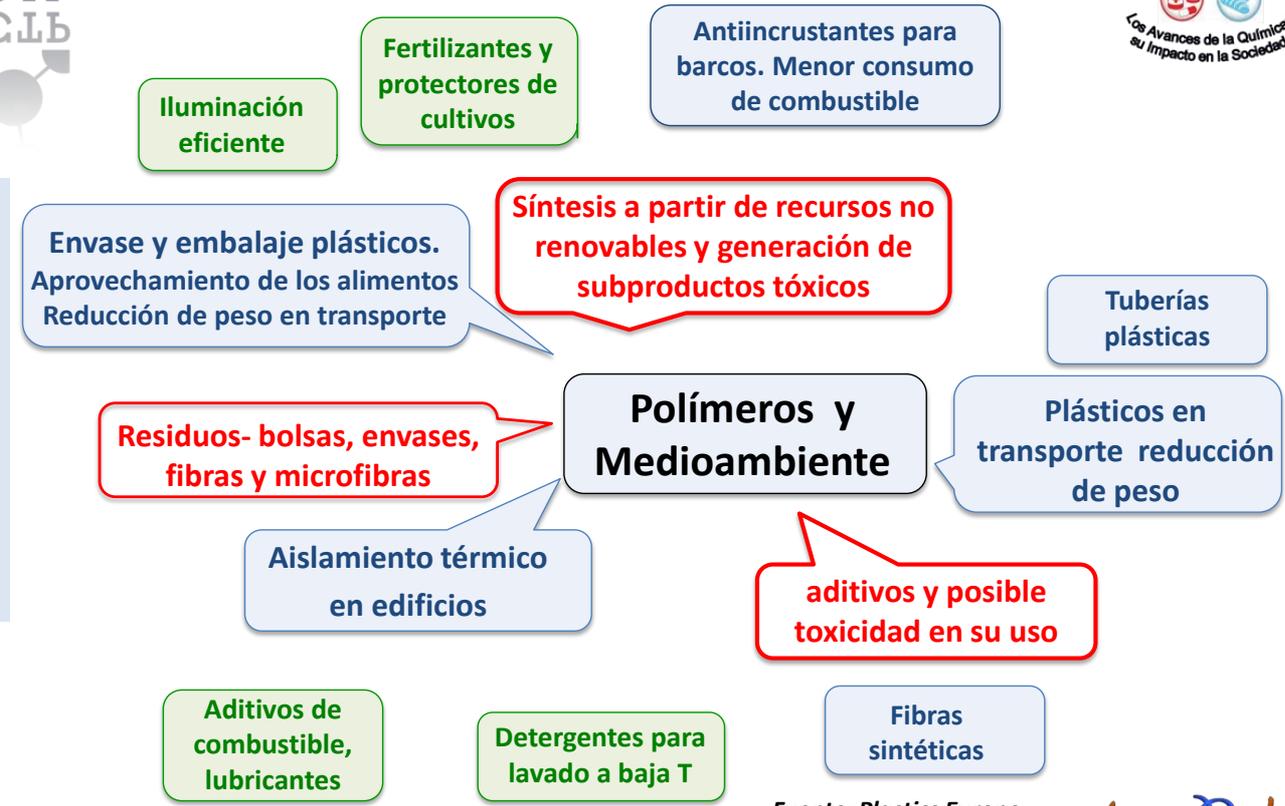
HemPol.



## Mayores reductores del gases de efecto invernadero en azul materiales polímeros, en verde otros



IV Polímeros y medioambiente



Fuente: Plastics Europe

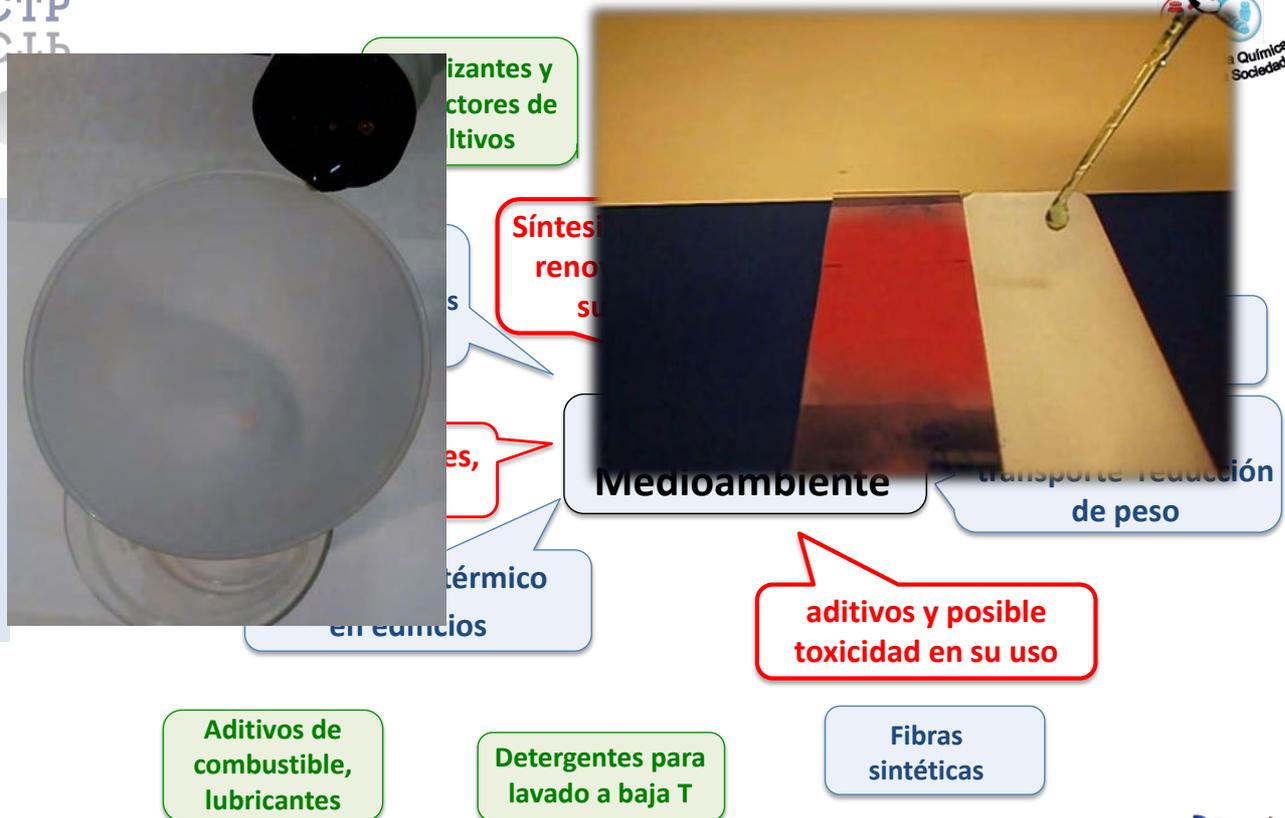
HemPol.



## Mayores reductores del gases de efecto invernadero en azul materiales polímeros, en verde otros



IV Polímeros y medioambiente



Fuente: Plastics Europe

HemPol.



Polímeros sintéticos ¿es mejor vivir con ellos o sin ellos? ¿hay alternativas?  
 Polímeros naturales ¿dónde se encuentran? ¿qué funciones cumplen?



IV Polímeros y medioambiente

Polímero natural	Función
Celulosa	Estructural
Almidón	Almacenamiento energético
Proteínas	Estructural y funcional
ADN	Funcional

**La naturaleza, especialista en producir materiales estructurales y funcionales extraordinarios, trabaja con polímeros ¿Por qué no constituyen un problema medioambiental? «economía circular» ¿Podemos imitarlos?**

**50th Anniversary Perspective: There Is a Great Future in Sustainable Polymers**  
[Macromolecules](#) 2017, [Schneiderman, D.K.](#) [Hillmyer, M.A](#)

[...] the future success of polymer industry will rely on the development of sustainable polymers - materials derived from renewable feedstocks that are safe in both production and use and that can be recycled or disposed of in ways that are environmentally innocuous. **In this Perspective we highlight five research topics: the synthesis of renewable monomers and of degradable polymers, the development of chemical recycling strategies, new classes of reprocessible thermosets, and the design of advanced catalysts** that we believe will play a vital role in the development of sustainable polymers.

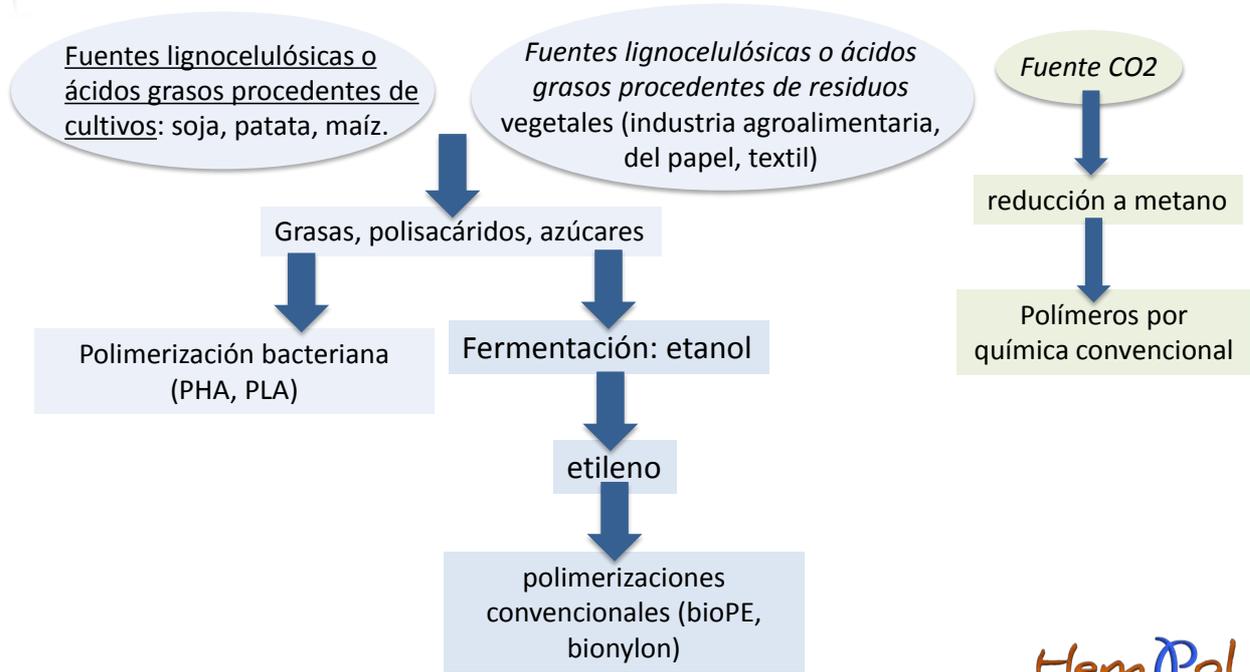


**Green Chemistry...Química Verde**



**Principio 7 de la Química verde: uso de fuentes renovables como materia prima.** No se trata de volver hacia atrás y usar sólo polímeros naturales (algodón, seda, etc) sino de descubrir la manera de sintetizar monómeros a partir de fuentes renovables

IV Polímeros y medioambiente



**Principio 7 de la Química verde: uso de fuentes renovables como materia prima.** No se trata de volver hacia atrás y usar sólo polímeros naturales (algodón, seda, etc) sino de descubrir la manera de sintetizar monómeros a partir de fuentes renovables

**The battle for the "green" polymer. Different approaches for biopolymer synthesis: Bioadvantaged vs. bioreplacement ( Review 2014)** [Hernández, N.](#), [Williams, R.C.](#), [Cochran, E.W.](#)

Dpt. of Chemical and Biological Engineering, Iowa State University, Ames, IA 50011, United States

[...] we compare and contrast two distinct approaches to the economical realization of these materials. One mentality that has emerged we term *"bioreplacement"*, in which the fields of synthetic biology and catalysis collaborate to coax petrochemical monomers from sugars and lignocellulosic feedstocks that can subsequently be used in precisely the same ways to produce precisely the same polymers as we know today. *For example, the metabolic engineering of bacteria is currently being explored as a viable route to common monomers such as butadiene, isoprene, styrene, acrylic acid, and sebacic acid*, amongst others. Another motif that has recently gained traction may be referred to as the *"bioadvantage"* strategy, where the multifunctional "monomers" given to us by nature are combined in novel ways using novel chemistries to yield new polymers with new properties; for these materials to compete with their petroleum-based counterparts, they must add some advantage, for example less cost. For instance, *acrylated epoxidized soybean oil* readily undergoes polymerization to thermosets and recently, thermoplastic rubbers. Additionally, many plants produce pre-polymeric or polymeric materials that require little or no post modification to extract and make use of these compounds.

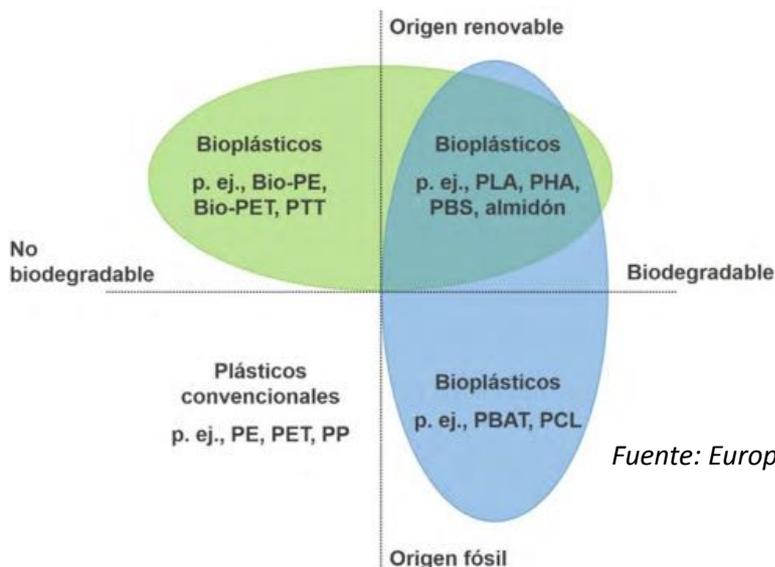
HemPol.

**Principio 10 de la Química verde: Materiales diseñados para degradarse al final de su vida útil**

Los polímeros naturales son biodegradables y participan de un ciclo sostenible ¿podemos hacer esto con los polímeros sintéticos?

**Polímeros biodegradables (en general tienen grupos éster, amida y éter)**

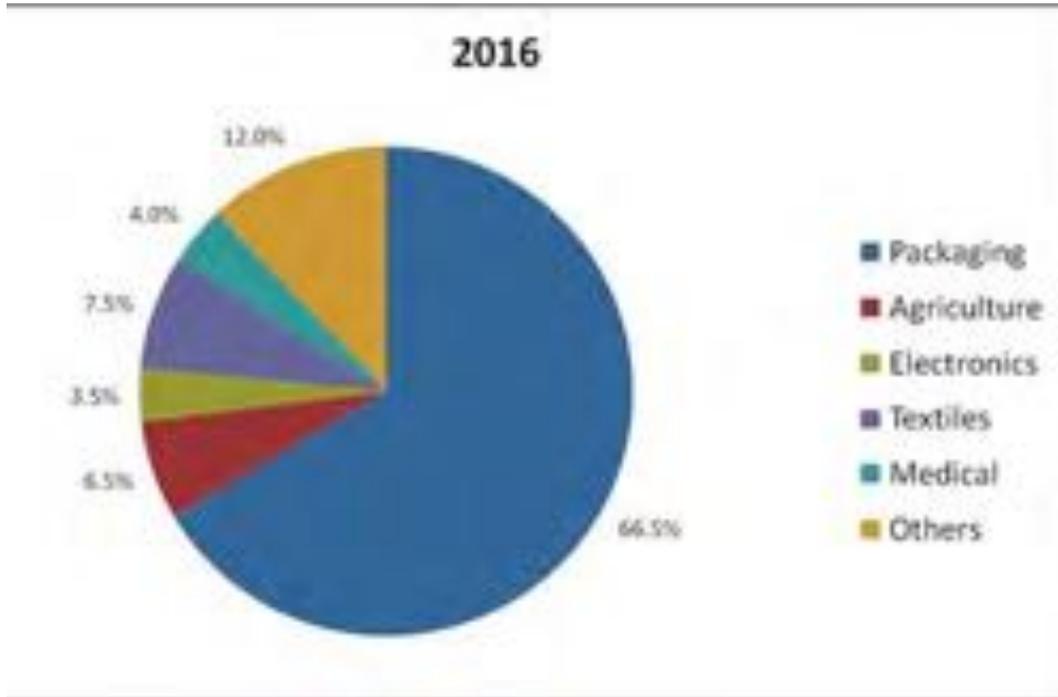
- Poliácido láctico, polihidroxialcanoatos (que son además procedentes de fuentes renovables)
- Polietilen tereftalato: hay al menos una especie de bacteria, del género Nocardia capaz de degradar el PET con una estearasa (enzima)
- Polióxido de etileno/polietilenglicol



Fuente: European Bioplastics (2015a).

HemPol.

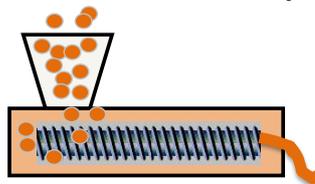
Mercado global de plásticos biodegradables procedentes de fuentes renovables  
Por aplicaciones, 2016 , Fuente Plastics Europe



<http://www.plastemart.com/plastic-technical-articles/Biodegradable-plastics-demand-to-grow-15-annually-to-2015/1958>

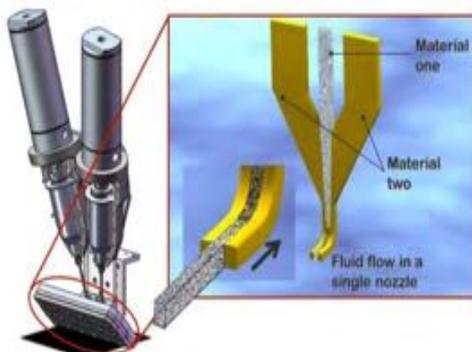
HemPol.

el potencial de los polímeros en cuanto al procesado no está agotado



¿Fabricar en casa lo que nos haga falta y después reciclarlo nosotros mismos?  
Impresión 3D: sin disolventes, temperaturas medias...

**PARC** (Palo Alto Research Center) is a [Xerox](#) company using Xerox technology.



HemPol.



Gracias