



FACULTAD DE INGENIERÍA
UAEMéx



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ingeniería

Ingeniería en Sistemas Energéticos Sustentables

Tecnología Ecológica

Dra. Liliana Ivette Ávila Córdoba

Marzo-Julio 2019

UNIDAD 3

RECURSOS RENOVABLES

Objetivo:

- Describir los diversos recursos renovables, sus potenciales de implementación y estado actual de utilización así como ventajas y desventajas

Contenido de la Unidad de Competencia

3.1 Energía solar y sus derivadas

3.2 Bioenergía

3.3 Alimentos orgánicos

3.4 Materiales lignocelulósicos

3.5 Plásticos biodegradables y con origen de biomasa

Justificación Académica y Guía de uso del material didáctico

El impacto ambiental negativo que desde hace algunos años está ocasionando el irracional uso de los recursos naturales, ha conducido a plantear tecnologías ecológicas encaminadas a su uso y consumo responsable, motivo por el que éstas resultan una alternativa viable para el desarrollo de bienes productos y servicios en pro de la satisfacción de las necesidades de los seres humanos, sin que ello implique un detrimento crítico del entorno.

Bajo dicho contexto, es de suma importancia que los Ingenieros en Sistemas Energéticos Sustentables se encuentren a la vanguardia en el conocimiento de materiales que garanticen la sostenibilidad en cuanto a la explotación adecuada de los recursos naturales y que al mismo tiempo, tengan la cualidad de ser “verdes” es decir, ambientalmente amigables.

Los profesionistas en esta área deben tomar conciencia del daño ecológico ya originado y por ende, ser capaces de realizar el análisis, diseño e implementación de tecnologías, enfocadas a la reducción, reuso, reciclaje u obtención de materiales alternativos para su óptimo aprovechamiento y aplicación en el sector energético.

Para acceder a ésta presentación únicamente es necesario contar con una computadora con Adobe Reader o cualquier visor de archivos PDF.

3.5 Polímeros biodegradables

Material Biodegradable:

Aquél capaz de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, mediante la acción enzimática de microorganismos

Biodegradable Symbol



Biodegradación:

Proceso natural en el que un material por acción biológica (animales, plantas microorganismos), cambia y en general pierde sus propiedades originales



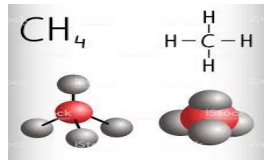
Enzimas



Nutrientes (ácidos húmicos y fúlvicos...)

Energía

Producto de oxidación



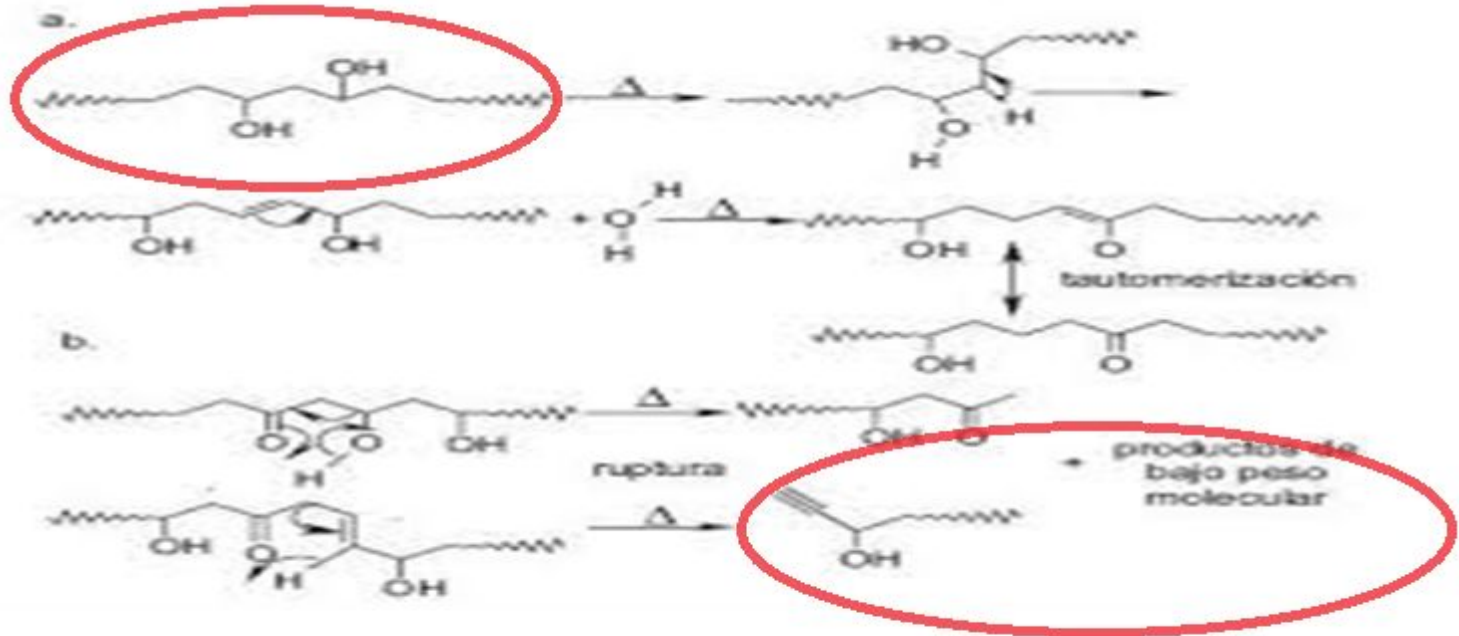
Producto de reducción



El grado y tipo de crecimiento microbiano depende de: nutrientes suficientes, disponibilidad de humedad y para organismos aerobios, aire temperatura y pH idóneos.

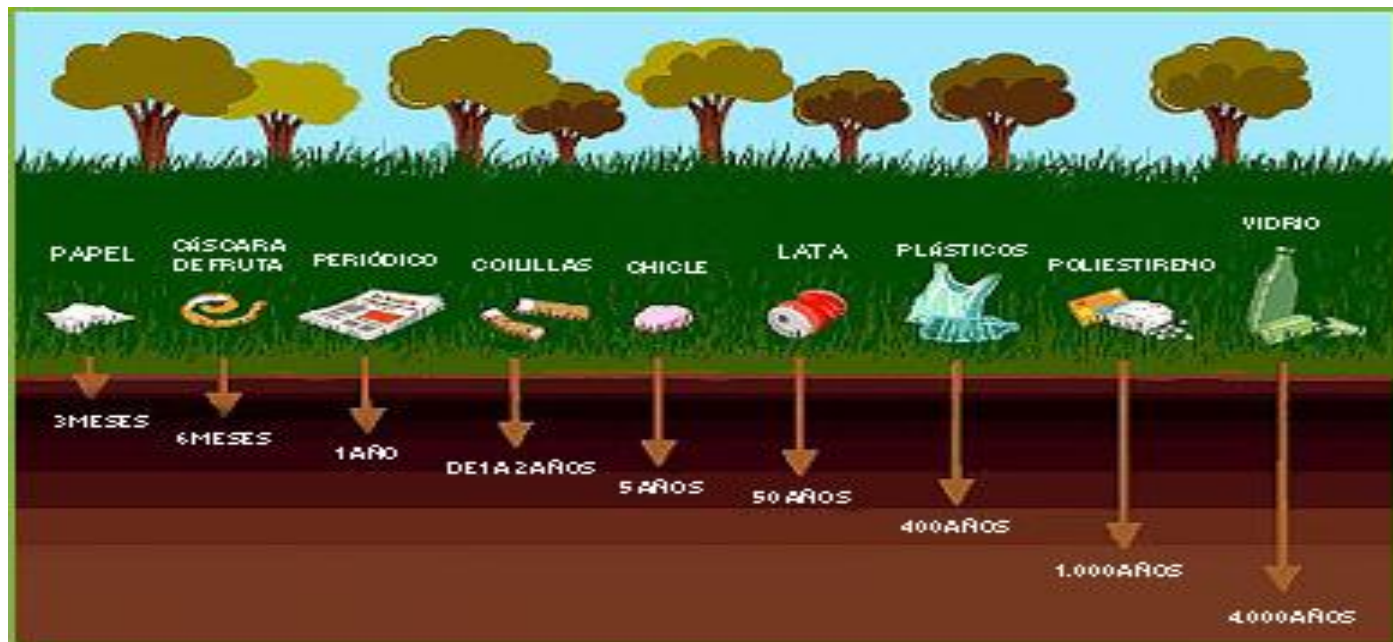
¿Qué pasa químicamente?

Las moléculas se transforman en otras más simples y estables



Medios para la degradación

- Medio acuoso
- Suelo
- Medio marino
- Compost

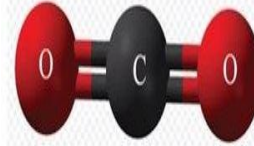


- **Tipos:**

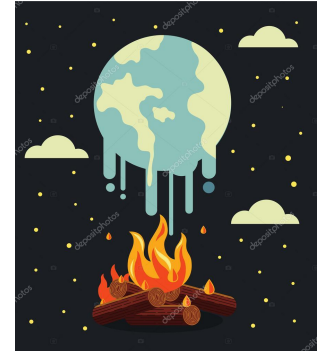
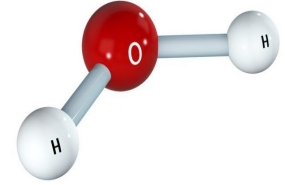
A. Según los
requerimientos de
 O_2

Aeróbica

Dióxido de carbono

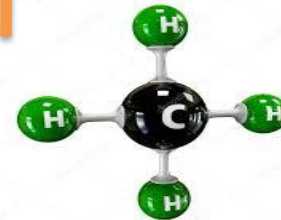


+



Anaeróbica

(compostaje, relleno sanitario...)



B. De acuerdo al grado de degradación:

- **Parcial:** alteración en la estructura química y pérdida de propiedades específicas



- **Total:**

Mineralización completa: producción de CO_2 , CH_4 , agua, sales minerales y biomasa.

En algunos casos pueden quedar fragmentos (oligómeros) resistentes a la degradación.



The first day



The 15th day



The 30th day



The 60th day



The 80th day



The 90th day



The 120th day



The 150th day



The 180th day

C. De acuerdo al tipo de acción enzimática:

- **Aleatorio en la cadena principal** (endoenzimas): produce una pérdida significativa de peso molecular debido a la rotura al azar de las cadenas.
- **Específico a los extremos de las cadenas** (exoenzimas): no produce una pérdida significativa del peso molecular, ya que sólo se desprenden monómeros, dímeros o trímeros

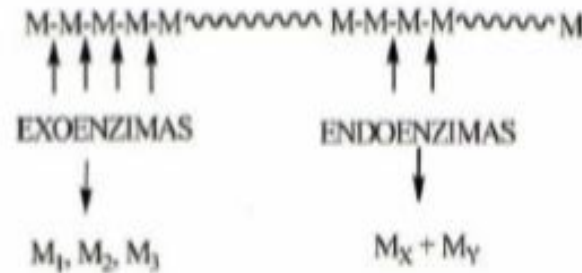
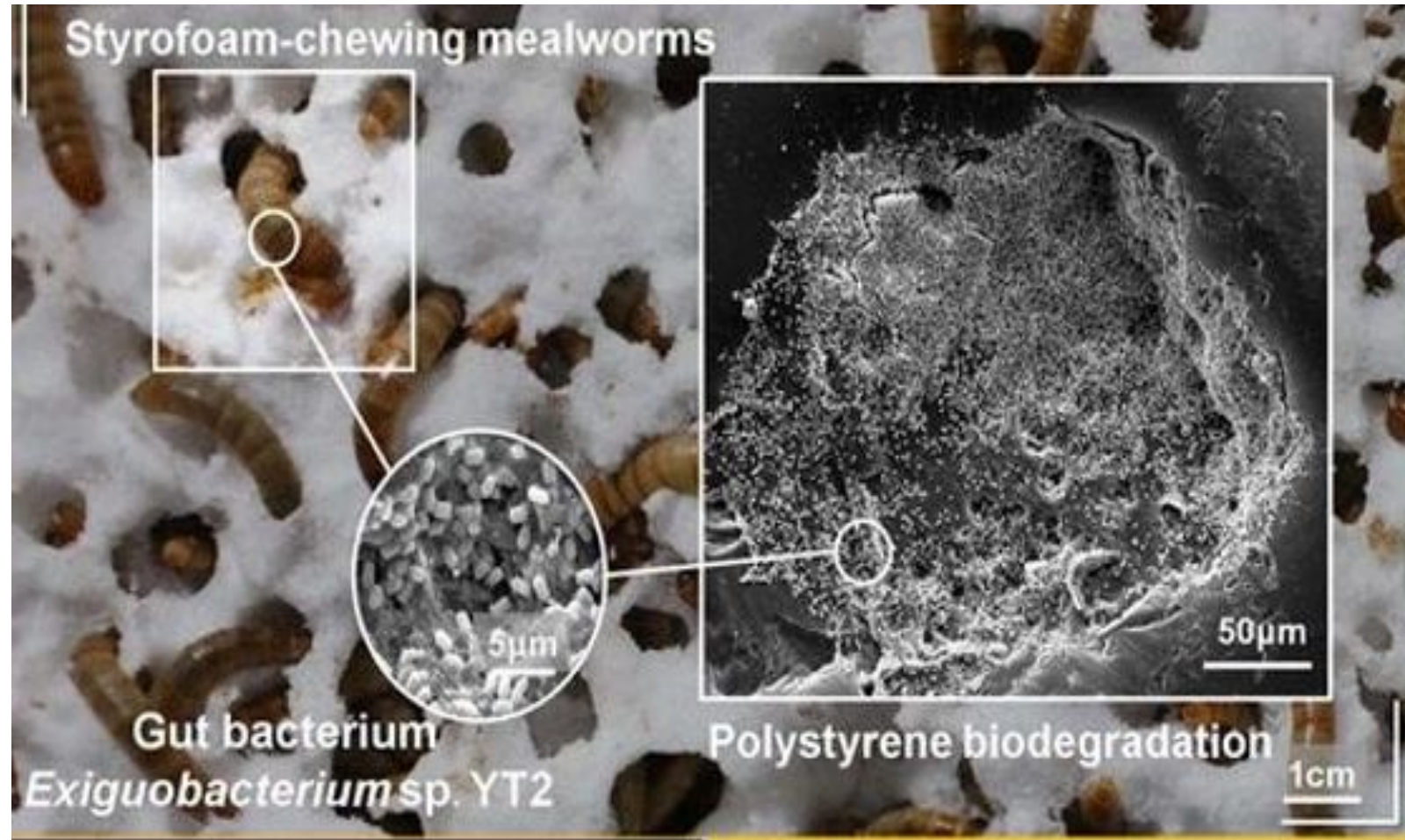


Figura A.4. Tipos de biodegradabilidad según la clase de enzima

Ejemplo: Biodegradación del PS



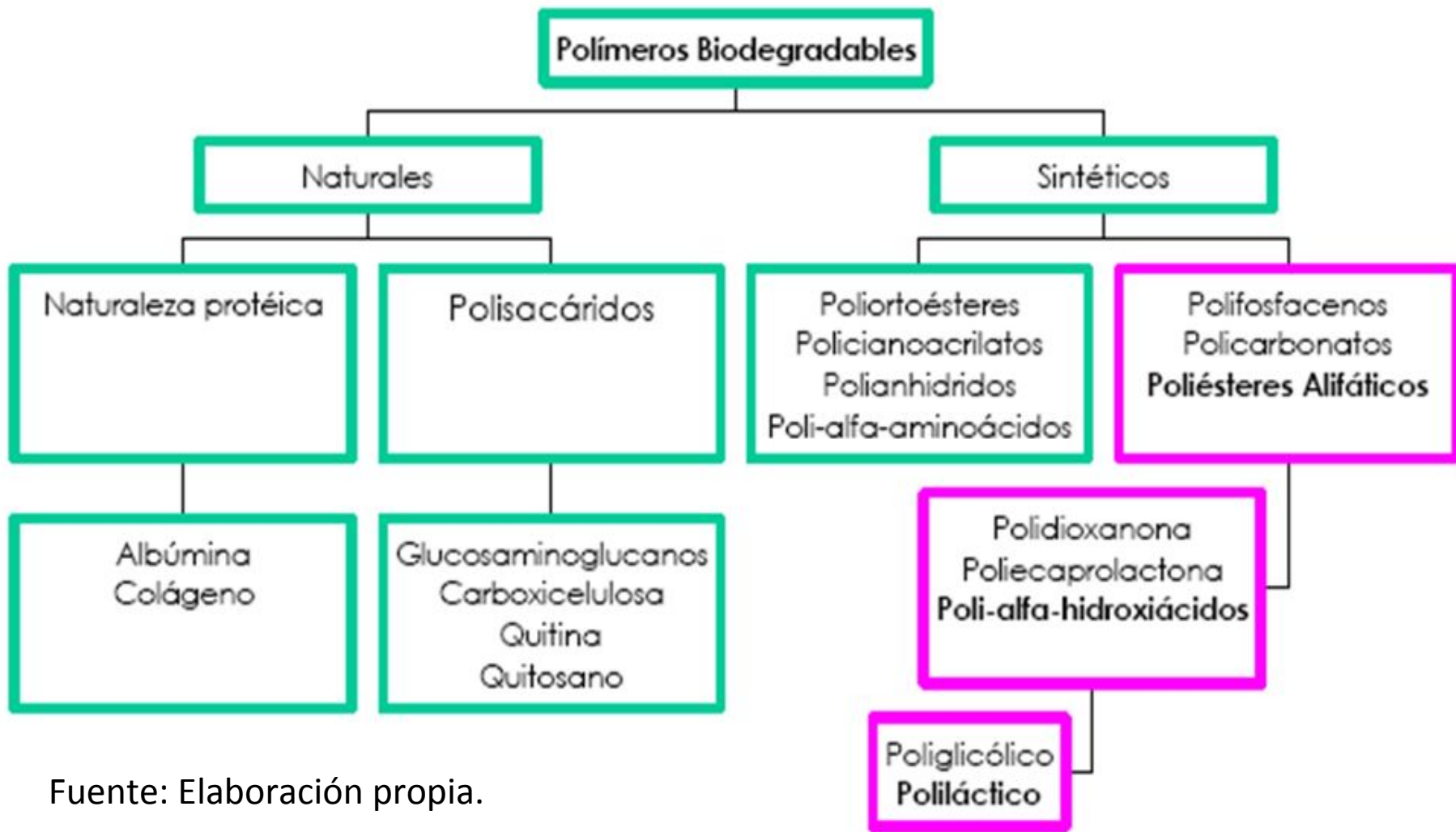
POLÍMEROS BIODEGRADABLES:

Aquellos que se obtienen o sintetizan con la finalidad de que sean una fuente de carbono para los microorganismos y de esta forma, puedan ser eliminados en ambientes naturales.



Clasificación:

- a) Polímeros naturales**
- b) Polímeros naturales modificados
(biobasados)**
- c) Polímeros sintéticos**
- d) Materiales compuestos**
- e) Polímeros sintetizados por microorganismos**



Fuente: Elaboración propia.

Los biopolímeros son materiales poliméricos que pueden ser biobasados, biodegradables o ambos. Los biobasados son aquellos que son derivados de recursos naturales como el almidón y la celulosa, mientras que los polímeros biodegradables son aquellos que bajo ciertas condiciones ambientales, y gracias a sus características químicas, se descomponen en componentes no contaminantes.

Debido a las diferencias en la estructura de los polímeros biobasados y los biodegradables se pueden tener resinas biobasadas, que a pesar de estar compuestas por derivados de recursos naturales no son necesariamente biodegradables, mientras que algunos polímeros obtenidos de fuentes fósiles pueden ser biodegradables bajo condiciones adecuadas de compostaje.

Por su parte, **los materiales biobasados no biodegradables pueden ser reciclados al igual que los materiales sintéticos por reciclaje mecánico, químico o energético. El 57,1% de la capacidad global de producción de bioplásticos está dirigido a materiales biobasados no biodegradables, como es el caso del bio PET, bio PE y bio PA.**

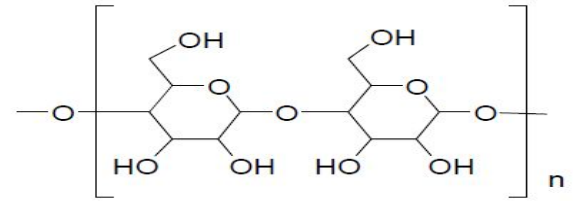
<http://www.plastico.com/temas/Normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables+126663>. Consulta: mayo 2019

Los materiales biodegradables representan el 42,9 % de la capacidad global, resaltándose los derivados del almidón (18,8 %) y el PLA (10,3 %).

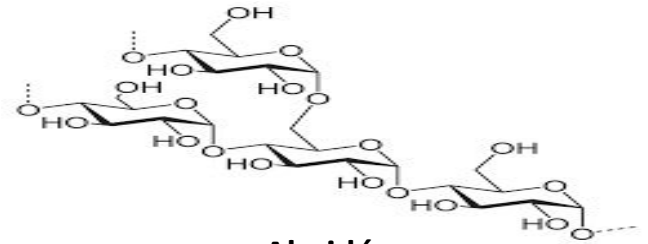
La norma ASTM D6400 define a un polímero biodegradable como un material que es capaz de descomponerse en CO₂, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, como resultado de la acción de microorganismos. Los polímeros compostables son materiales biodegradables que adicionalmente son capaces de experimentar la biodegradación en un medio de compost y se descomponen a una velocidad cercana a la de los materiales compostables conocidos.

<http://www.plastico.com/temas/Normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables+126663>. Consulta: mayo 2019

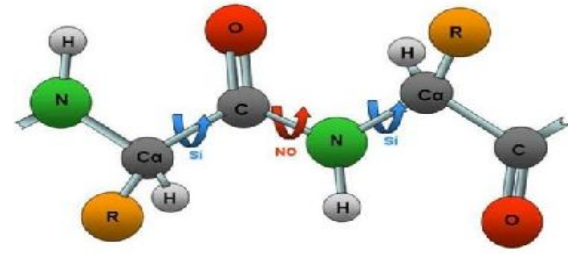
a) Polímeros naturales: como la celulosa, el almidón y las proteínas



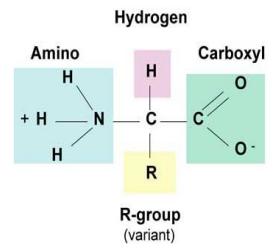
celulosa



Almidón



Amino Acid Structure



b) Polímeros naturales químicamente modificados (biobasados)

Sintetizados a partir de materias primas renovables

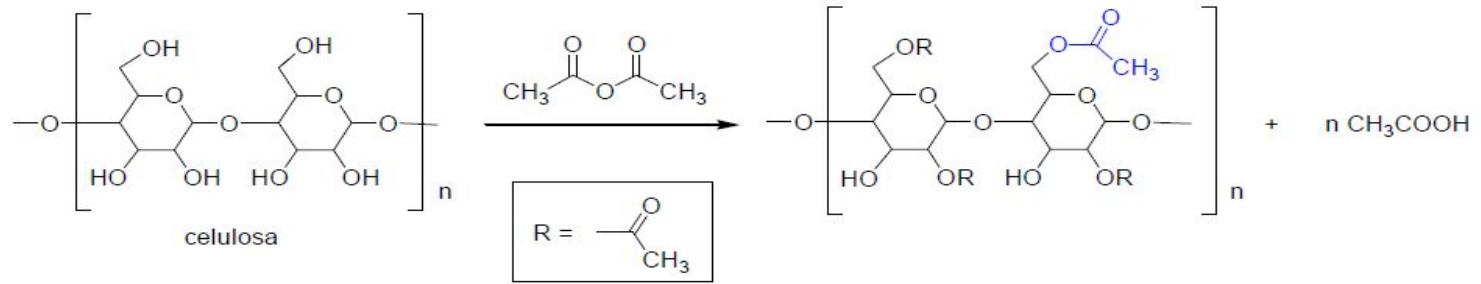


Desventajas

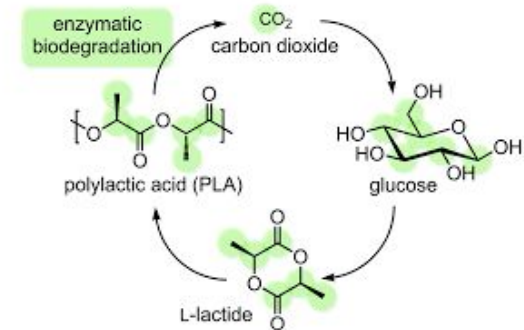
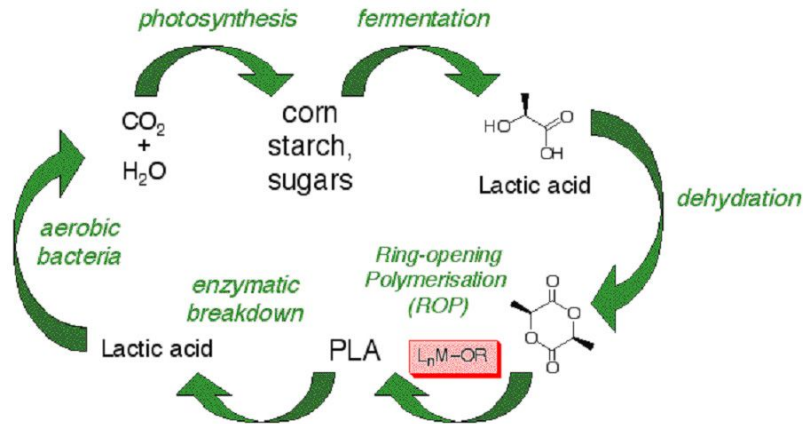
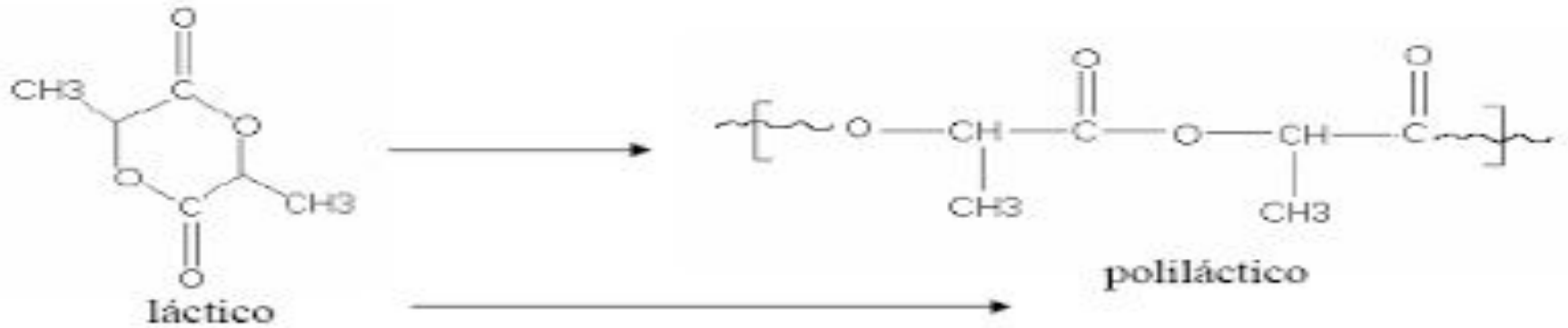
- Se obtienen a partir de productos alimenticios.
- Se estima que en 2020 se superarán los 500 millones de toneladas anuales
- Necesitan condiciones muy específicas para que puedan biodegradarse.
- Requieren una mezcla equilibrada de oxígeno, humedad, aireación y temperatura (prolongada, superior a 50°C) Compostaje
- No disminuye la cantidad de plástico que llega al océano
- El reciclaje es también complicado



- Acetato de celulosa



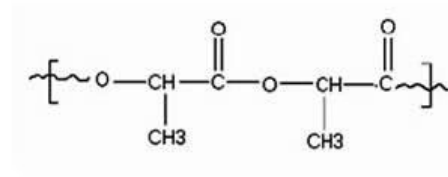
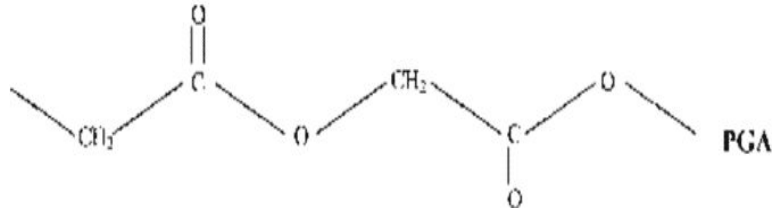
- **Poliésteres alifáticos: Ácido poliláctico (PLA)**



- Usos

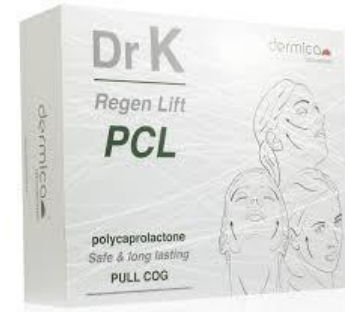
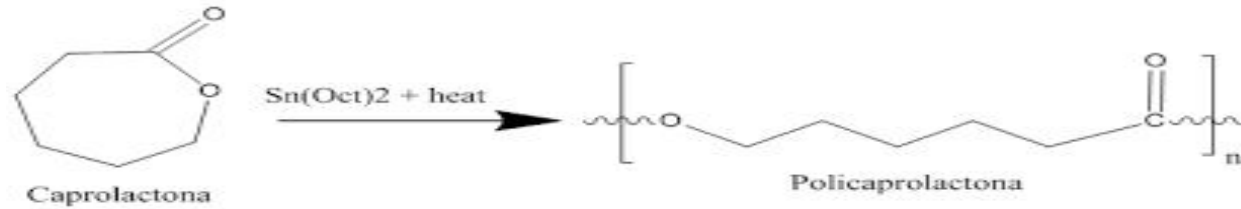


- Ácido poliglicólico (PGA)



c). Polímeros sintéticos

- Policaprolactona (PCL)



Aplicaciones

8

CABLES



MANGUERAS DE CALEFACCIÓN



TUBOS PARA DIÁLISIS Y
TRANSFUSIONES



IMPLANTES



<https://es.slideshare.net/bartbello/polimeros-31787906>. Consulta:
Mayo 2019

Tipos y usos de elastómeros:

Cauchos

Pueden ser naturales o sintéticos como el butadieno (SBR).

Neumáticos, mangueras, juntas de estanqueidad, artículos de goma.



Neoprenos (PCP)

Tienen una gran resistencia química.

Mangueras especiales, cierres, correas, aislantes eléctricos, trajes de submarinismo.



Poliuretanos (PUR)

Se fabrican con densidad y elasticidad muy variable.

Gomaespumas, piel artificial, recubrimientos de protección, ruedas y guardabarros.



Siliconas (SI)

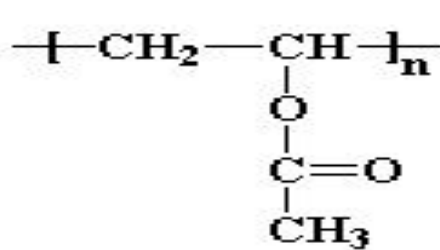
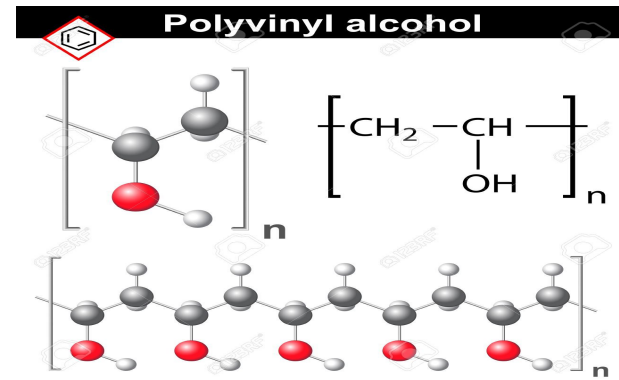
Son muy estables y resistentes a altas y bajas temperaturas.

Juntas y cierres herméticos, prótesis, válvulas, sondas y tubos de uso médico.

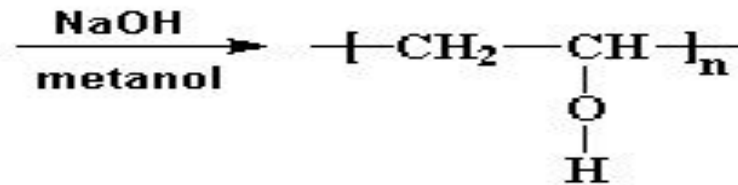


d) Materiales poliméricos compuestos:

Combinan partículas biodegradables (almidón, celulosa regenerada o gomas naturales) con polímeros sintéticos biodegradables; ej. copolímero de almidón y **alcohol polivinílico (PVA)**



poli (vinil acetato)



poli (vinil alcohol)

Usos:



e) Polímeros biotecnológicos:

Sintetizados por microorganismos (procariontes: bacterias, arqueas): polihidroxialcanoatos (PHAs), ej. polihidroxibutirato

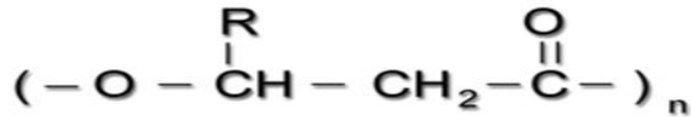
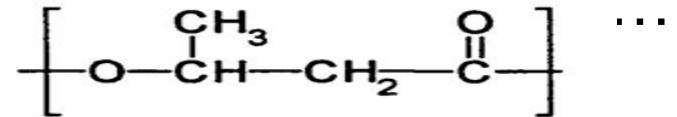
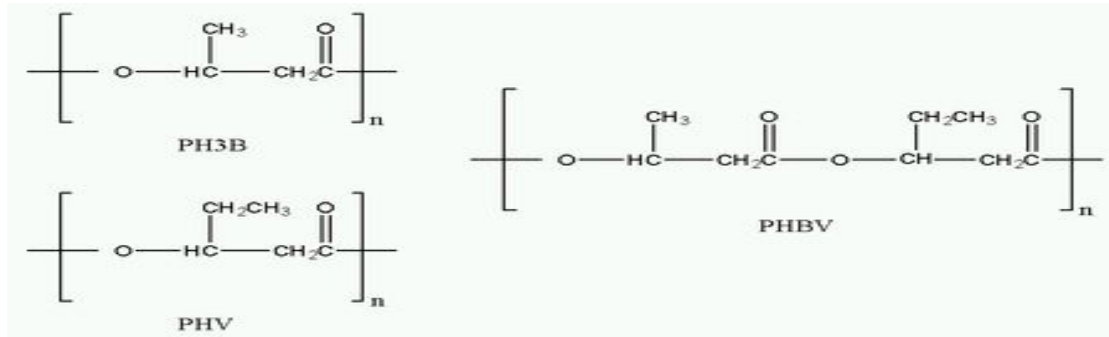


Figure 2 : a) Chemical structure of PHA

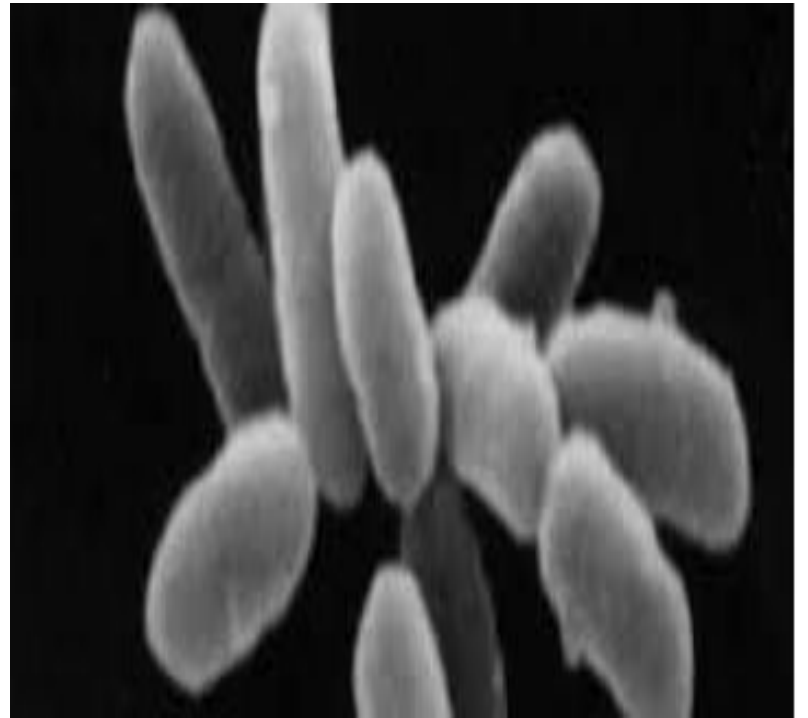


b) Chemical structure of PHB





E. coli



Archaea sp

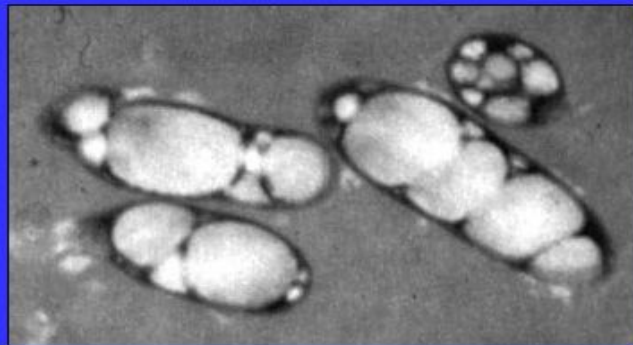
Bioplástico PHA (polihidroxialcanoatos)



Melaza de caña
de azúcar,
lactosuero, etc



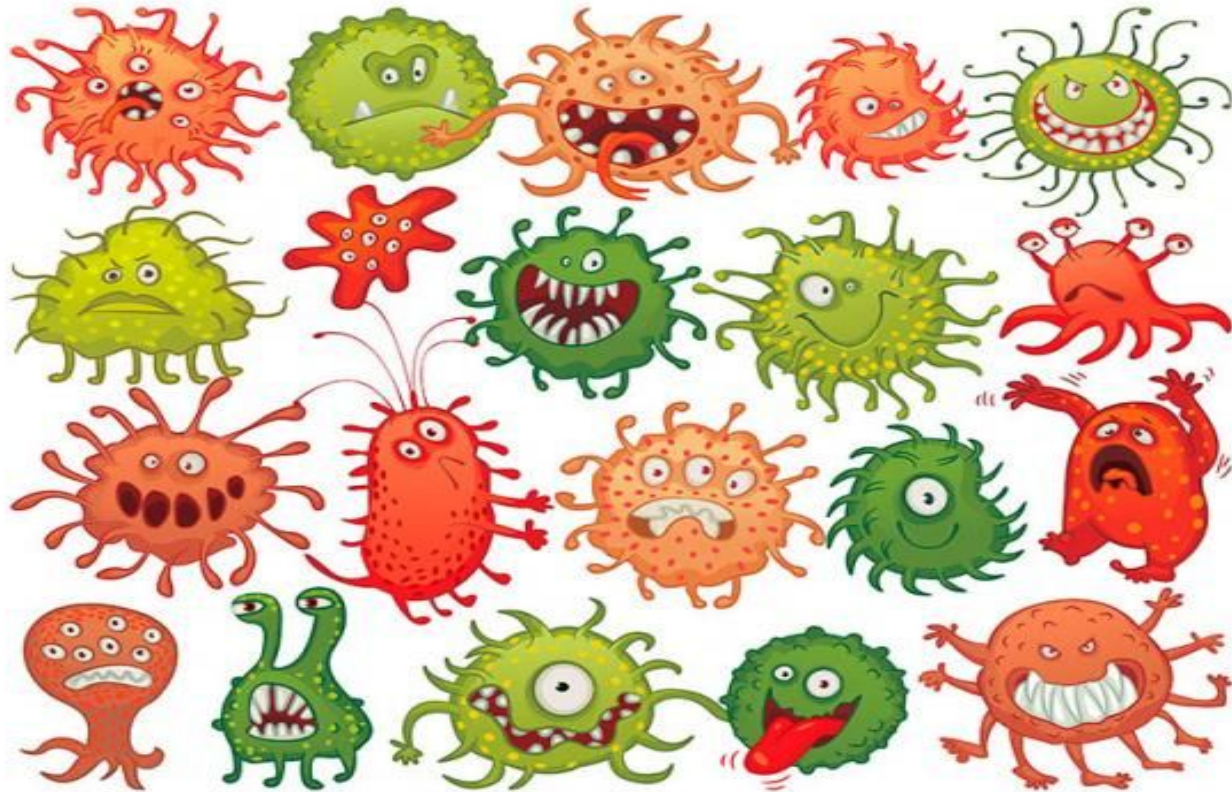
*Azotobacter sp, Pseudomonas sp,
Bacillus sp*
Situación de estrés



E. coli recombinante

→ PHA

¿Bacteria estresada?!



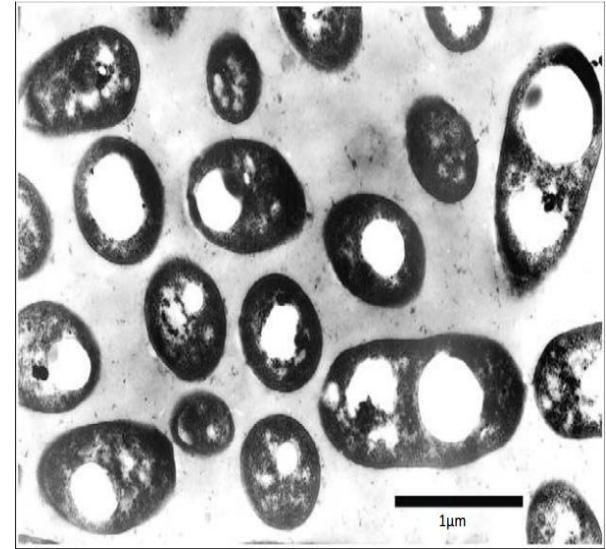
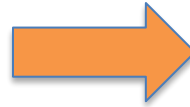


Figura 1. Microfotografía electrónica de *P. putida* con gránulos de PHA (Luengo *et al.* 2003)

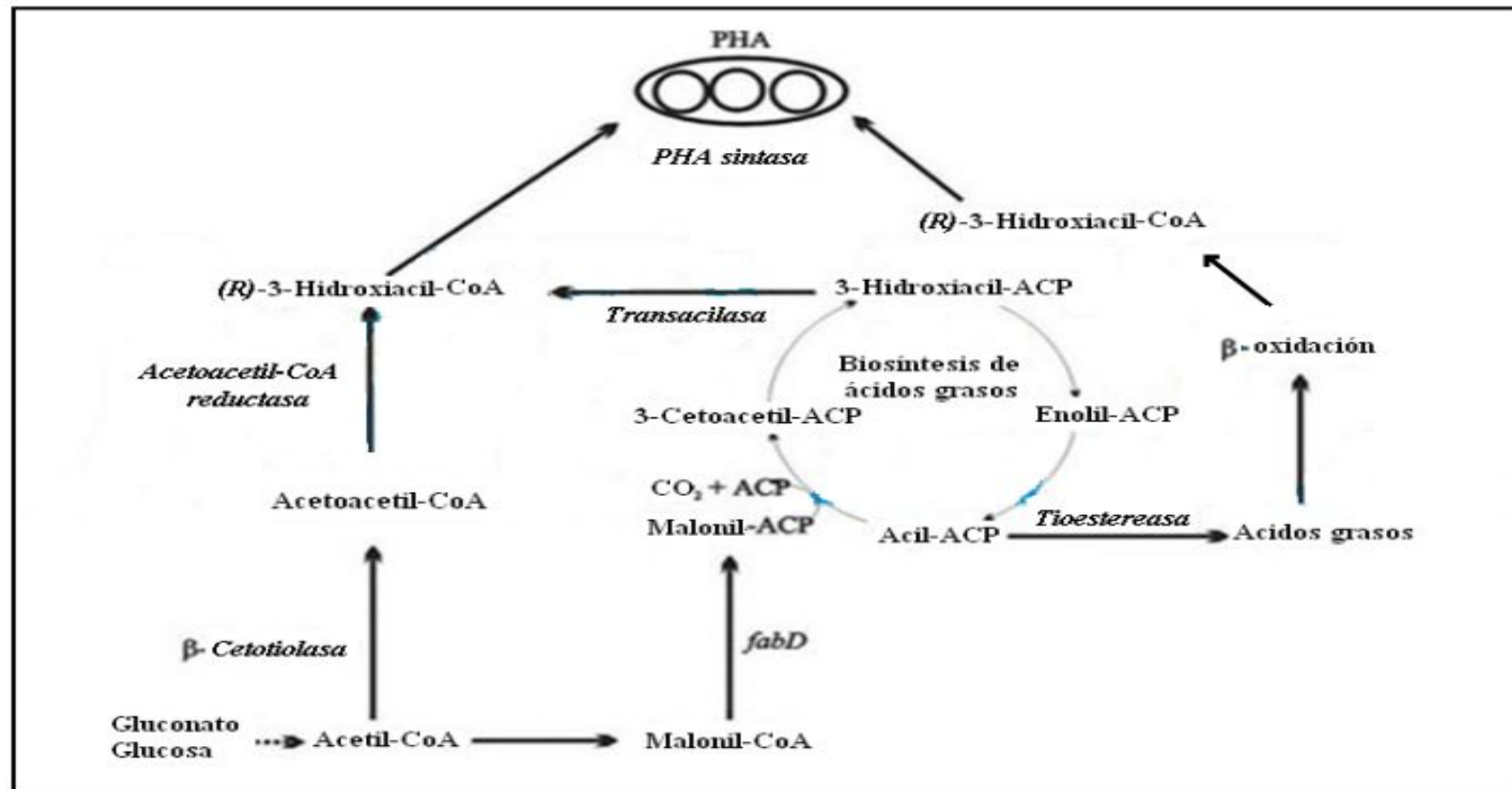


Figura 4. Vías metabólicas propuestas a partir de diferentes sustratos para la síntesis microbiana de PHA

Entre las aplicaciones potenciales de los PHA se encuentran las **industrias químicas y farmacéuticas**, principalmente debido a su biodegradabilidad.

El PHB tiene propiedades similares al propileno, aunque es más duro y quebradizo. El PHBV es utilizado como material de empaque. Se suele usar en contenedores de aceites, láminas y botellas

El homopolímero puro PHB es un **termoplástico** altamente **crystalino** y **muy frágil**, mientras que el copolímero de PHB con PHV es **menos cristalino, más flexible y más fácil de procesar**. Un nombre comercial de este copolímero es Biopol (desarrollado por la compañía Monsanto Co)

****** *Azotobacter chroococcum* y *Rhodospirillum rubrum* son dos de las especies que pueden producir PHB de diferentes pesos moleculares. Además, bajo condiciones especiales de crecimiento, también pueden producir el copolímero PHBV a partir de sustratos simples, lo cual es importante ya que se evita recurrir a precursores tóxicos y costosos para producir el copolímero.

Las cepas aisladas son capaces de sintetizar y acumular el PHB y su copolímero en forma de gránulos intracitoplasmáticos de entre 0.2 y 3 mm. La extracción del PHB a partir de la biomasa se realiza mediante disolución en solventes orgánicos.

La distribución de pesos moleculares modifica las **propiedades mecánicas y de biodegradabilidad**. El agregado de ácidos orgánicos como el propiónico permiten obtener copolímeros más flexibles .

Es decir, las propiedades mecánicas del PHB pueden modificarse para cubrir diferentes aplicaciones que mejorarían sistemas tan diversos como el agrícola o el médico.

<http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/virginia/comunes.htm>. Consulta: Mayo 2019

Estos polímeros están siendo estudiados para diversas aplicaciones biomédicas, y normalmente requieren la presencia de enzimas para su degradación aunque pueden degradarse en gran variedad de medios.

Efectivamente, una aplicación del PHB es el recubrimiento de semillas (**peleteado**) a fin de ocluir bacterias y protegerlas de condiciones adversas aumentando su germinabilidad.

- Como ejemplo de aplicaciones médicas podemos mencionar el uso de PHB como soporte para el crecimiento de **células epiteliales**. La regeneración de la piel en zonas de quemaduras es un problema clínico grave, especialmente porque para lograrlo es necesario regenerar también el tejido termal subyacente. Hasta ahora el procedimiento es sembrar keratinocitos provenientes del mismo paciente en cápsulas de Petri con un medio de cultivo apropiado. Una vez que las células han crecido hasta formar una monocapa, se la despega cuidadosamente del vidrio y se realiza el implante en el quirófano. El problema que se presenta es que las monocapas de piel son frágiles y se desgarran al depegarlas del vidrio por lo que un sustrato de PHB entre ambos serviría para aumentar la resistencia mecánica y reduciría el riesgo de desgarro. Además dado que el PHB es biocompatible y reabsorbible, se podría aplicar el PHB con las células directamente sobre el paciente.

Polímero	Tiempo de eliminación (meses)
Poliácido D-Láctico	12-16
Poliácido L-Láctico	18-24
Copolímero de ácido glicólico y láctico	6-12
Policaprolactona	18-24
Poliglicol	2-4
Polihidroxitirato	18-24
Poliésteres de fosfato	12-24
Poliortoésteres	12-24
Polianhidridos de alcanos	0.2-4
Polianhidridos aromáticos	6-12
Gelatina	0.2-1
Celulosa oxidada	0.2-1
Colágeno	0.2-1
Pseudopoliaminoácidos	2-24
Poliiminocarbonatos	4-12
Polifosfacenos	6-18
Polipropilén fumarato	12-24

	Almidón	AC	PHA	PVOH	PEVOH
Tg (°C)	230	190	-50 ± 5	58 – 85	72
Tm (°C)	220 – 240	230 – 250	54 – 175	180 – 240	191
Td (°C)	220	-	-	-	240
Resistencia a la tensión (MPa)	-	17 – 50	40	40 – 50	72
Elongación (%)	Sin ensayar	10 – 30	-	300 – 400	200
Difusión de O ₂ (cm ³ /m ² día)	Sin ensayar	-	45	0.1 – 2	0.2
Factores influyentes	Relación de amilasa y amilopeptina	Grado de sustitución	Longitud de la cadena lateral y composición de copolímero	Peso molecular y porcentaje de hidrólisis	Porcentaje de etileno
Ventajas	Bajo coste y biodegradación rápida	Resistencia a la tensión	Biodegradación rápida y estabilidad al agua	Biodegradación rápida y baja permeabilidad	Dureza y baja permeabilidad
Inconvenientes	Hidrofilicidad	Grado de sustitución	Elevado coste	Solubilidad en agua	Lenta biodegradación
Aplicaciones potenciales	Espumas para empaquetar, bolsas de abono vegetal	Moldeado por inyección	Laminados de papel	Pesticidas, fertilizantes, dispersadores de detergentes	Empaquetado de alimentos

Tabla A.1. Polímeros biodegradables de uso comercial. AC: acetato de etilo. PHA: polihidroxicanoatos. PVOH: alcohol polivinílico. PEVOH: alcohol polivinílico copolimerizado con etileno.

Existen normas internacionales que regulan y miden la velocidad de los procesos de degradación y de biodegradación:

- *Estados Unidos:*

ASTM D6400-99 “Especificación estándar para los plásticos compostables”

ASTM D5338-98 “Método de ensayo estándar para la determinación de la degradación aeróbica de los materiales plásticos en condiciones controladas de compostaje”

(Procedimiento para medir la degradación aeróbica.)



- *Europa:*

EN 13432 “Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación”

EN 14855 “Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final y desintegración de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas”

(Describe el procedimiento del análisis).



Bibliografía (parte 1)

Albella, J. M. Sánchez, I. Jiménez. 2003. Láminas delgadas y recubrimientos (preparación, propiedades y aplicaciones). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

Alvarado, R. J. Procesamiento y caracterización de recubrimientos híbridos cerámico-polímero. Cerámicos multifuncionales. CINVESTAV. IPN. México.
<http://qro.cinvestav.mx/~ceramics/hibridos.htm>. Consulta: julio 2019

González, V. 2018. Polímeros Conductores. Universidad Autónoma de Madrid, pp. 1-79.

Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics: Properties, Processing, and Applications. 2013. PDL Handbook Series. Edited by Sina Ebnesajjad. USA. Elsevier.

Handbook of Biodegradable Polymers. 2005 Edited by: Catia Bastioli. Rapra Technology Limited. United Kingdom.

Heeger, A. 2011. Semiconducting and metallic polymers: the fourth generation of polymeric materials (Nobel Lecture). Angewandte Chemie International Edition, 40(14): 2591–2611. Stockholm.

Bibliografía (parte 2)

Mattox, D. M. 2010. Handbook of physical vapor deposition (PVD) processing. pp. 878. William Andrew. Elsevier. USA.

Nieto, J.F. Fernández, Duran, P y Moure, C. 1994. Películas delgadas: Fabricación y aplicaciones. Instituto de Cerámica y Vidrio. Madrid, pp. 245- 258.

Tarango, B. C. 2019. Caracterización Eléctrica de Polipirrol dopado con partículas de Óxido de Zinc, Cobre y Plata. Tesis de Licenciatura. ISES. Facultad de Ingeniería. UAEM. Julio 2019.

Vega de Kuyper, A. y Ramírez, M. S. 2014. Energía de la biomasa. En: Fuentes de energía renovables y no renovables, aplicaciones. Alfaomega. México. p.p 309-378.

https://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico_biodegradable. Consulta: mayo 2019

<http://www.qro.cinvestav.mx/materiales-optoelectronicos>. Consulta: mayo 2019



muchas gracias