

Materiales bioplásticos alternativos

Sofia Collazo Bigliardi, PhD.

Líder del Laboratorio de Biodegradación y Compostabilidad de AIMPLAS.

scollazo@aimplas.es

**¡Claves de la sesión
de hoy!**

Introducción a los biopolímeros

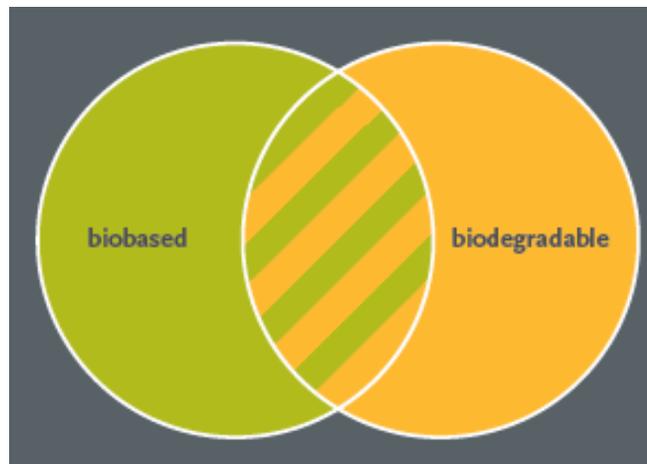
Áreas de aplicación

Normativa y estudios de laboratorio

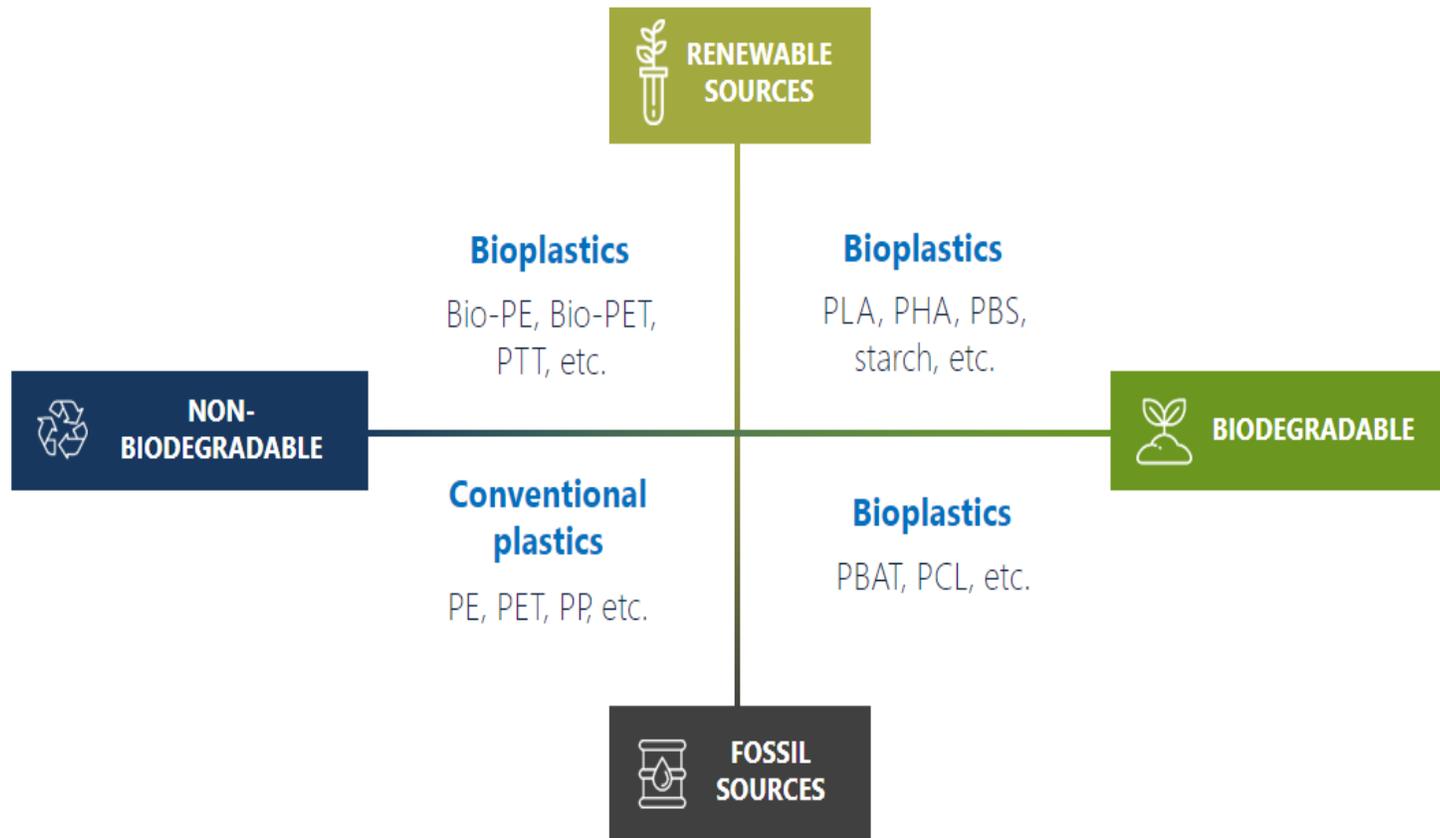
Sistemas de certificación

Introducción a los biopolímeros

¿Qué es un Bioplástico?



<https://www.european-bioplastics.org/>



Tipos de bioplásticos:



FUENTES RENOVABLES

NATURALES

POLISACÁRIDOS

ALMIDÓN

CELULOSA

QUITINA Y
QUITOSANO

RESINAS
FURÁNICAS

PROTEÍNAS (PBP)

CASEÍNA

COLÁGENO

GELATINA

ZEÍNA

GLUTEN

LÍPIDOS

ACEITE
CASTOR

GRASAS
ANIMALES

ACEITE SOJA

RESINAS
FURÁNICAS



SINTETIZADOS VÍA BIOTECNOLOGÍA

OBTENCIÓN DE MONÓMEROS Y POLIMERIZACIÓN

PLA

PBSA

SÍNTESIS INTEGRAL POR MICROORGANISMOS

PHAs

PHB

PHBV



FUENTES FÓSILES O NO RENOVABLES



SINTÉTICOS

ALCOHOL DE
POLIVINILO
PVOH

POLIÉSTERES
ALIFÁTICOS

PBS

PCL

PGA

POLIÉSTERES
AROMÁTICOS

PBT

PTT

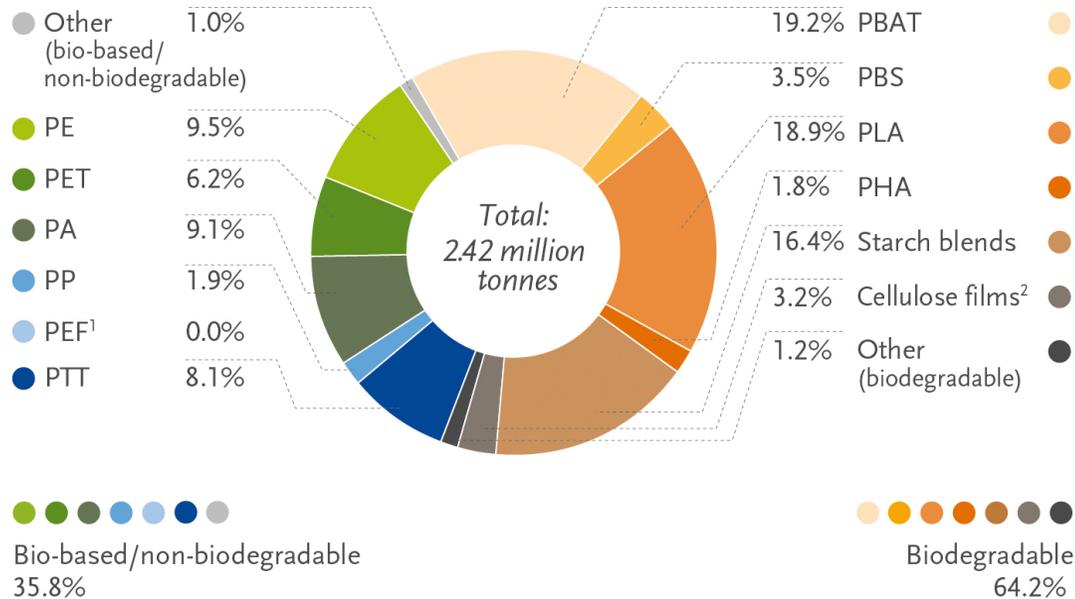
COPOLIÉSTERES
ALIFÁTICOS-AROMÁTICOS

PBTA

PBSA

Producción de bioplásticos:

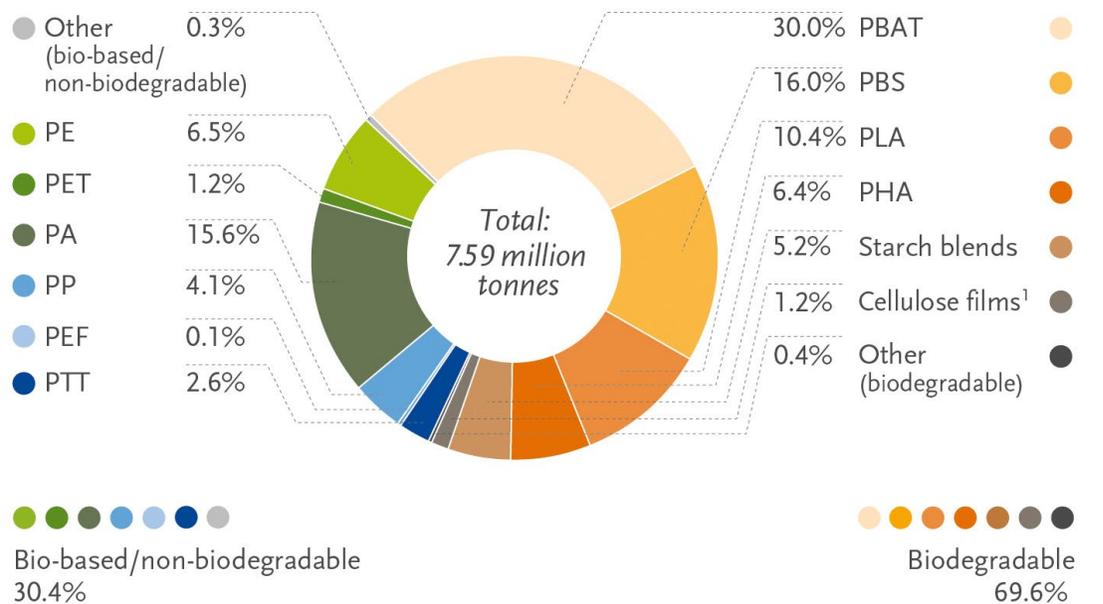
Global production capacities of bioplastics 2021 (by material type)



¹PEF is currently in development and predicted to be available at commercial scale in 2023. ²Regenerated cellulose films

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2021)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2026 (by material type)

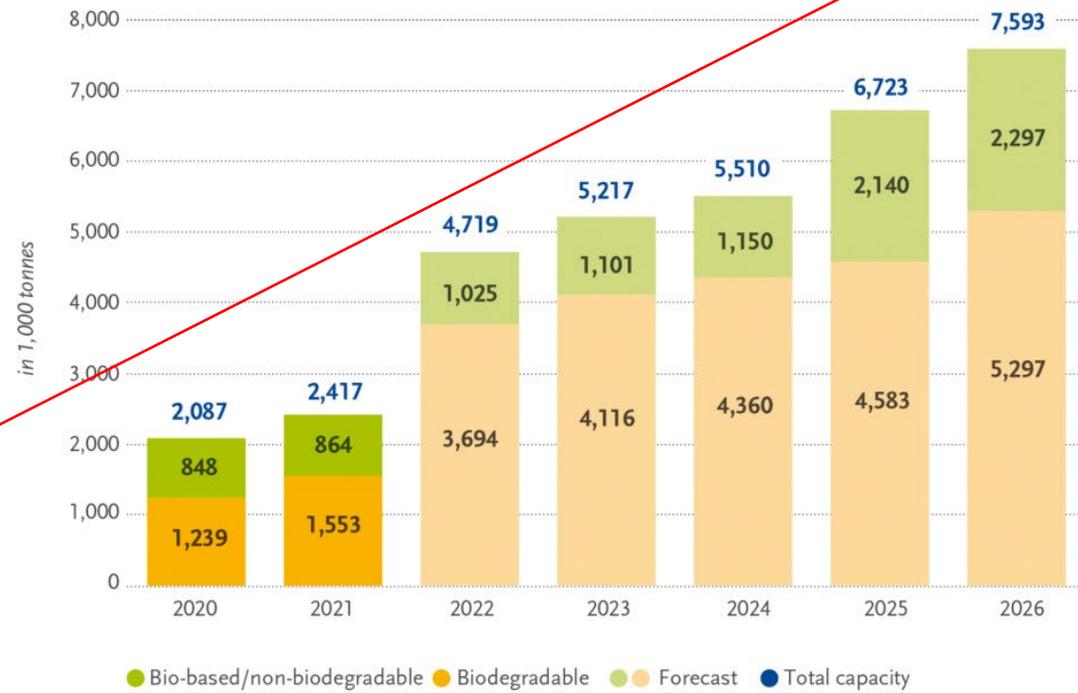


¹Regenerated cellulose films

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2021)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Producción de bioplásticos:

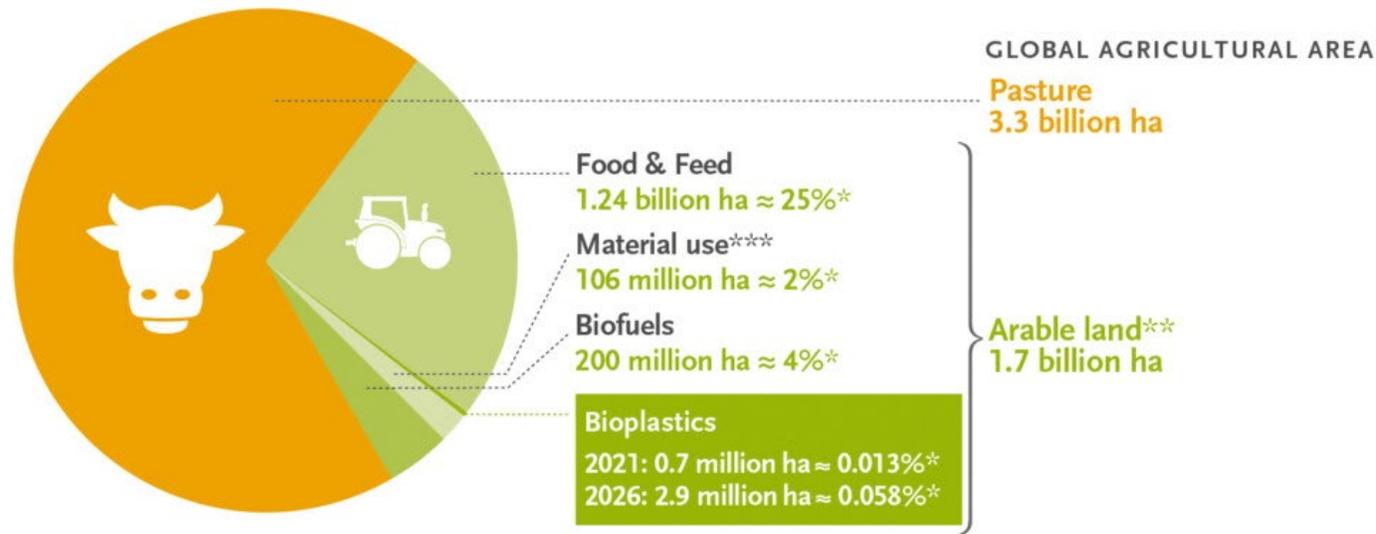
Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2021)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

¡Residuos agroindustriales!

Land use estimation for bioplastics 2021 and 2026



Source: Source: European Bioplastics (2021), FAO Stats (2020), nova-Institute (2021), and Institute for Bioplastics and Biocomposites (2019), University of Virginia (2016). Info: www.european-bioplastics.org

*In relation to global agricultural area, **Including approx. 1% fallow land, ***Land-use for bioplastics is part of the 2% material use

Se estima que la tierra utilizada para cultivar la materia prima renovable para la producción de bioplásticos fue del **0,01%** del área agrícola mundial de 5 mil millones de hectáreas.

Junto con el crecimiento significativo estimado de la producción mundial de bioplásticos en los próximos cinco años, la participación del uso de la tierra para bioplásticos aumentará, sin embargo, aún por debajo del **0,06%**.

Esto muestra que **no existe competencia** entre la materia prima renovable para alimentos, piensos y la producción de bioplásticos.

Definiciones para bioplásticos

Según CEN/TR 15932: 2010 Plásticos. Recomendaciones para la terminología y la caracterización de biopolímeros y bioplásticos, el término "bioplásticos" se aplica a varios materiales:

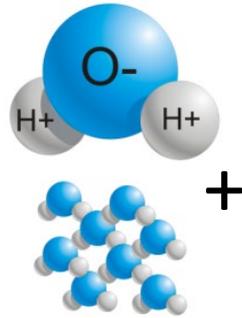
- Plástico **biogénicos**, en lo que se refiere al origen de las materias primas, polímeros derivados de biomasa (materias primas renovables),
- Plásticos **biodegradables**, en lo que se refiere a su funcionalidad
- Plásticos **biocompatibles**, en lo que se refiere a la compatibilidad con el cuerpo humano o animal (sólo aplicaciones médicas).



¿Qué es un plástico biodegradable?



+



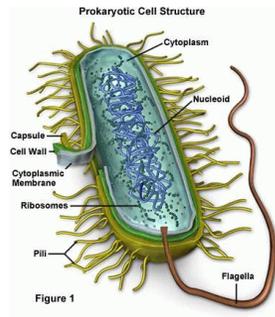
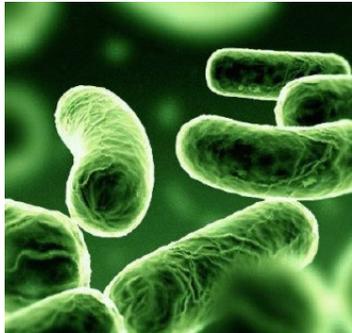
+



+



¿Quién?



¿Dónde?



¿Qué es un plástico biodegradable?



Industrial
compost



Home
compost



Aqueous
/Marine

Aerobic
conditions



Soil

¿Qué es un plástico Compostable?

ASTM e ISO: Plástico **degradable biológicamente** durante el **proceso de compostaje** dando lugar a la formación de dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa a una velocidad similar a la de otros materiales compostables conocidos, y **sin la generación de residuos tóxicos y distinguibles visualmente.**



¿En qué consiste un proceso de compostaje?

Proceso de **descomposición** de los residuos orgánicos por la acción de **microorganismos** en presencia de **oxígeno**.



Se obtiene **compost**, un abono natural útil en agricultura, jardinería, obra pública o restauración de espacios naturales.



- ✓ Reciclado mecánico
- ✓ Reciclado químico
- ✓ Valorización energética
- ✓ Compostaje



- ✓ Reciclado mecánico
- ✓ Reciclado químico
- ✓ Valorización energética
- ✓ Compostaje

Compostaje:

Los productos compostables aportan su máxima contribución cuando, una vez alcanzado el final de su vida útil y se hayan convertido en residuos, exista un sistema que permita la gestión conjunta con la fracción orgánica.



Biodegradabilidad marina
Biodegradabilidad en suelo

NO

Vías de valorización de residuos



La **biodegradabilidad** por sí sola puede ser **mal interpretada** por el consumidor...
...relajando su compromiso/**obligación** con **SUS** residuos...

Comunicación focalizada en los materiales/artículos, pero no en el ciudadano, que es quien genera el residuo

La prioridad es evitar el **littering** y valorizar los residuos, a través de una comunicación coordinada y realista...

...para así aprovechar los recursos y evitar contaminación



¿Qué nos ofrecen los productos compostables?



Producción sostenible

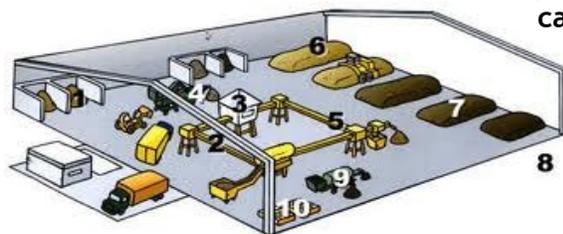
Compost que mejora la calidad del suelo y Evita la desertización

Productos compostables



Producción de compost de alta calidad

Bolsas recogida fracción orgánica



Áreas de aplicación

Aplicación de los bioplásticos

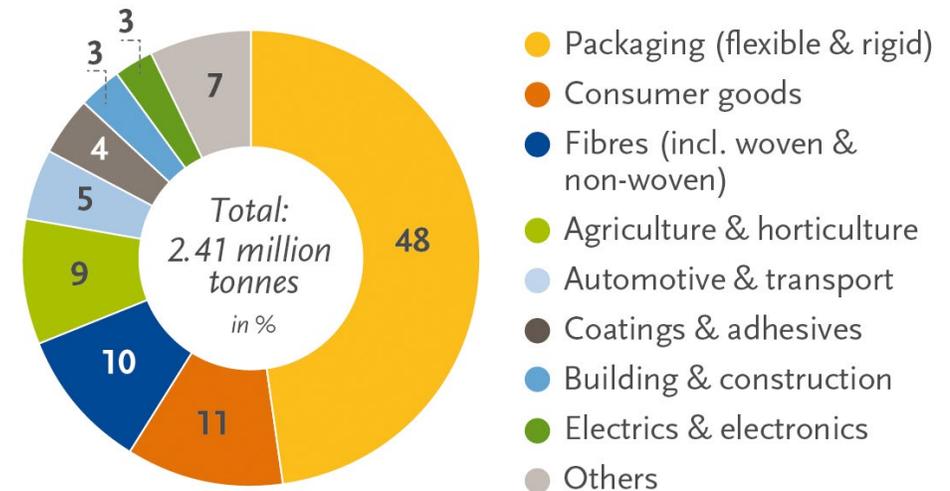
En la actualidad los bioplásticos cubren una amplia gama de aplicaciones:

- ✓ **Packaging**
- ✓ Menaje
- ✓ Agricultura y horticultura
- ✓ Recubrimientos y adhesivos
- ✓ Automoción, transporte, construcción etc.

Existe una gran demanda de envases hechos de bioplásticos para envolver alimentos orgánicos, así como para productos premium y marcas con requisitos particulares.

En 2021, la capacidad de producción mundial de bioplásticos ascendió a alrededor de 2,42 millones de toneladas, donde casi el 48 por ciento (1,15 millones de toneladas) del volumen total fue destinado al **mercado de envases**, el segmento de mercado más grande dentro de la industria de los bioplásticos.

Global production capacities of bioplastics in 2021 (by market segment)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2021). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

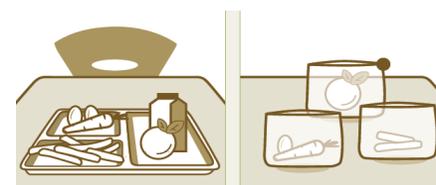
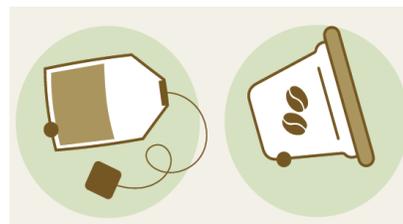
Aplicación de los bioplásticos

| SECTOR | APLICACIONES |
|---------------------------|---|
| Envase y embalaje | Bolsas para residuos orgánicos domésticos, bolsas de compra, bandejas, mallas, envase flexible para uso alimentario, contenedores rígidos, botellas, etc. |
| Menaje | Vasos, tazas, platos, cubiertos, etc. |
| Construcción | Tuberías, perfiles, puertas exteriores, etc. |
| Automoción | Tapicería de interior, cubiertas de neumáticos de repuesto, neumáticos, etc. |
| Agricultura | Film acolchado, macetas, bolsas para restos vegetales, tuberías para riego, etc. |
| Óptico | Monturas gafas, lentes oftálmicas, etc. |
| Eléctrico- Electrónico | Carcasas de móviles, ordenadores portátiles, etc. |
| Textil | Fibras, productos acabados, etc. |
| Medicina | Materiales de costura, tornillos, implantes, etc. |
| Deporte y ocio | Zapatillas deportivas, botas de esquí, etc. |
| Juguete | Juguetes |
| Otros | Urnas funerarias, ataúdes, etc. |



Aplicación de los bioplásticos

Correcto
uso de este
tipo de
artículos
tras su fin
de vida



<https://www.asobiocom.es/asobiocom-elabora-un-documento-con-las-aplicaciones-biocom/>

Soluciones compostables para
sistemas cerrados

Soluciones compostables para recogida
selectiva materia orgánica

Soluciones para envase y embalaje

Aplicación de los bioplásticos



PLA4FOOD

Envase biodegradable y activo para frutas y verduras preparadas



Funded by the European Union



BIOBOTTLE

Envases biodegradables para productos lácteos aptos para el proceso de esterilización



Funded by the European Union



BIO4MAP

Envases transparentes, multicapa, barrera, totalmente biodegradables y reciclables para pasta fresca y quesos



Funded by the European Union



BIOTUBO

Envases de plástico biodegradable para cosméticos



BIOPFARM

Envases biodegradables para cosmética y parafarmacia



PLAPACK

Envases y perchas biodegradables transparentes



Procesado de los bioplásticos

| | PVC | HDPE | LDPE | PP | PS | PMMA | PA | PET | PBT | PC | POM | PUR | ABS |
|---------|-----|------|------|----|----|------|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| Almidón | - | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - | + | - |
| PLA | - | + | + | + | - | -/+ | + | + | - | - | - | -/+ | - |
| PHBV | + | ++ | ++ | ++ | - | - | - | + | - | - | - | + | - |
| PHB | - | + | - | ++ | + | - | - | - | - | - | - | - | + |

Fuente: Techno economic feasibility of large scale production of bio-based polymers in Europe (Pro-BIP), 2005

La sustitución vendrá dada en función de la propiedades, precio y densidad.

- ++ sustitución completa
- + sustitución parcial
- sustitución no posible

POTENCIAL DE
SUSTITUCIÓN

Polímeros biodegradables comerciales

| BASADOS EN PRODUCTOS NATURALES | | |
|--------------------------------|-------------|---|
| POLÍMERO | PRODUCTO | FABRICANTE |
| Almidón | MATER-BI® | Novamont (Italia) |
| | GRACEBIO® | Grace Biotech Europe (España) |
| | BIOPLAST® | Biotec GmbH & Co.KG. (Alemania) |
| | PLANTIC® | Plantic Technologies Ltd. (Australia) |
| | PSM® | PSM North America (USA) |
| | BIOSTARCH® | Biostarch Technology Pte Ltd. (Australia) |
| Celulosa | NATUREFLEX® | Innovia Films |
| | CLARIFOIL® | Clarifoil (Reino Unido) |
| | PORTABIO® | API Laminates Limited |
| | BIOGRADE® | Fkur Kunststoff GmbH (Alemania) |

| PRODUCIDOS POR MICROORGANISMOS | | |
|--|-----------|-------------------------------|
| POLÍMERO | PRODUCTO | FABRICANTE |
| Polihidroxicanoatos PHA PHB | ENMAT® | Tianan Biologic (China) |
| | BIOCYCLE® | PHB Industrial SA (Brasil) |
| | MIREL® | Metabolix (USA) |
| | BIOPOL® | Monsanto-Metabolix (USA) |
| | NODAX® | Meredian-Procter&Gamble (USA) |
| | BIOMER L® | Biomer (Alemania) |

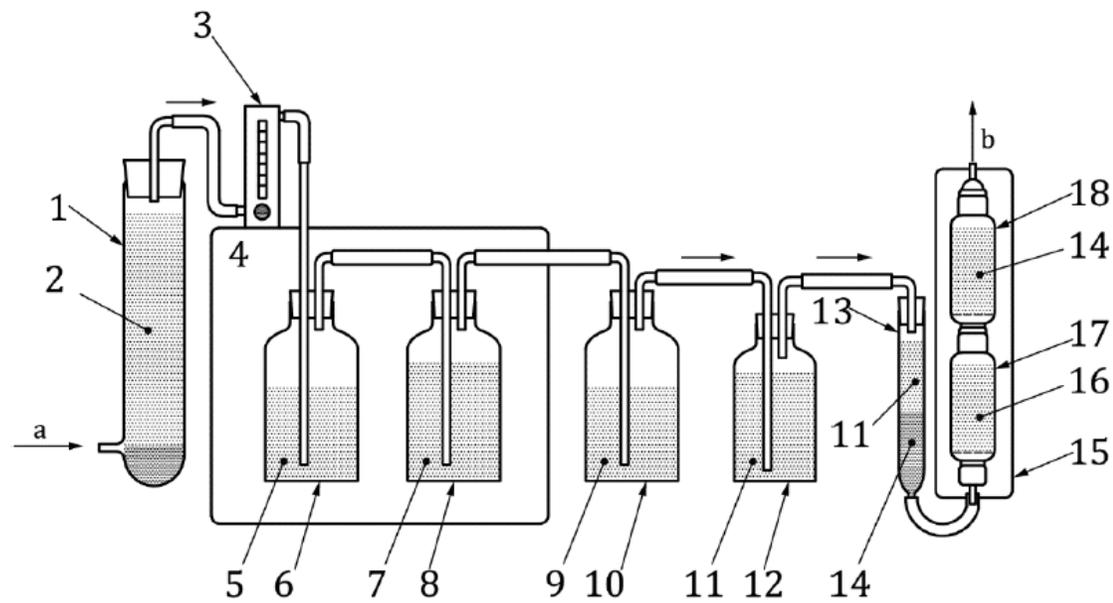
Polímeros biodegradables comerciales

| DE NATURALEZA SINTÉTICA | | |
|--------------------------|------------------------|--|
| POLÍMERO | PRODUCTO | FABRICANTE |
| Ácido Poliláctico | NATUREWORKS® INGEO® | Natureworks LLC (USA) Cargill-Dow LLC (USA) |
| | CEREPLAST® | Cereplast, Inc. (USA) |
| | HYCAIL® | Hycail |
| | REVODE® | Hysun Biomaterials Co. Ltd |
| | PLA | Galactic-Futero (Bélgica) |
| | LACTY® | Shimadzu (Japón) |
| | LACEA® | Mitsui Chemicals (Japón) |
| | HEPLON® | Chronopol (USA) |
| | ECO PLASTIC® | Toyota (Japón) |
| | ECOLOJU® | Mitsubishi (Japón) |

| DE NATURALEZA SINTÉTICA | | |
|---|----------------|---------------------------------|
| POLÍMERO | PRODUCTO | FABRICANTE |
| Policaprolactona | TONE® | Union Carbide Corporation (USA) |
| | CAPA® | Solvay (Bélgica) |
| | CELGREEN® | Daicel (Japón) |
| Polivinil Alcohol | PVAXX® | Reliance Industries |
| | ELVANOL® | DuPont |
| Polibutilen succinato /succinato adipato | BIONOLLE® | Showa Highpolymer Co.(Japón) |
| | SKY GREEN BDP® | SK Polymers (Korea) |
| Polibutilen adipato teleftalato | ECOFLEX® | BASF (Alemania) |
| | ECOVIO® | BASF (Alemania) |
| | BIOPAR | Biopolymer Technologies AG |

Normativa y estudios de laboratorio

Biodegradabilidad: Esquema general



Leyenda

- | | | | |
|---|--|----|--|
| 1 | Trampa de dióxido de carbono | 10 | Trampa de amoníaco |
| 2 | Cal sodada | 11 | Gel de sílice |
| 3 | Medidor de flujo con regulador de flujo | 12 | Trampa deshumificadora 1 |
| 4 | Incubador con termostato | 13 | Trampa deshumificadora 2 |
| 5 | Agua | 14 | Cloruro de calcio anhidro |
| 6 | Humidificador | 15 | Trampa para el dióxido de carbono generado |
| 7 | Mezcla de compost, material de ensayo y arena marina | 16 | Mezcla de cal sodada y talco sódico |
| 8 | Recipiente de compostaje | 17 | Columna de absorción de dióxido de carbono |
| 9 | H_2SO_4 1 M que contiene indicador naranja de metilo | 18 | Columna de absorción de agua |
| a | Entrada de aire comprimido | | |
| b | Salida | | |

Esquema acorde a norma ISO 14855

COMPOST

ISO 14855
58°C

Aire, humedad, pH
Hasta 6 meses
> 90%

SUELO

ISO 17556
25°C

Aire, humedad, pH
Hasta 24 meses
> 90%

ACUOSO

ISO 14852/ISO 22404
25°C

Aire, humedad, pH
Hasta 2/24 meses
> 90%





EN 13432:2000 (UNE-EN 13432:2001). Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje.

EN 14995:2006 (UNE-EN ISO 14995:2007). Plásticos. Evaluación de la compostabilidad. Programa de ensayo y especificaciones.

EN 17033:2018 Plásticos –Películas de acolchado biodegradables para su uso en la agricultura y la horticultura.



ISO 17088:2021. Especificaciones para plásticos compostables.



ASTM D 6868-11. Especificación para plásticos biodegradables utilizados como revestimiento en papel y otros sustratos compostables.

ASTM D 6400-12. Especificación para plásticos compostables.

UNE-EN 13432:2001

Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación.

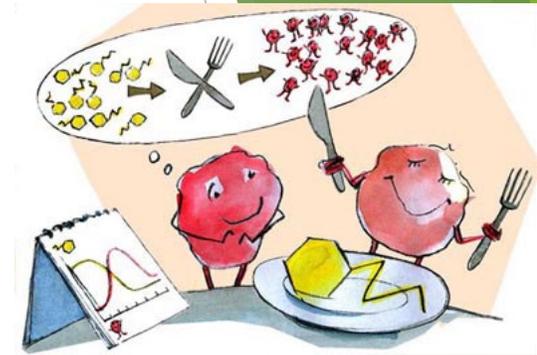
Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje



Caracterización química



Desintegración Física



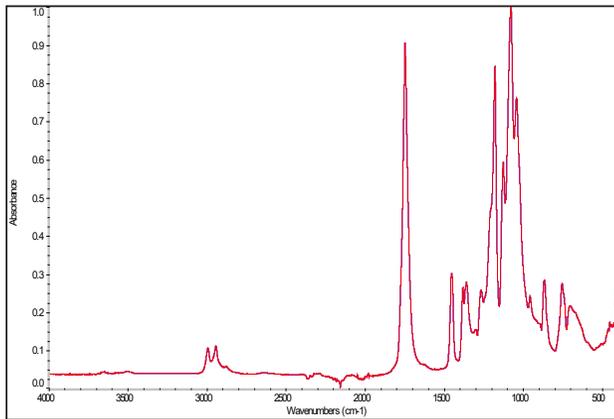
Biodegradabilidad



Ecotoxicidad

EN 13432:2001. Caracterización físico-química

a) Identificación de los constituyentes del material plástico (Espectrometría de Infrarrojos)



Espectro IR de un ácido poliláctico (PLA)

b) El contenido en sólidos volátiles del material plástico > 50%

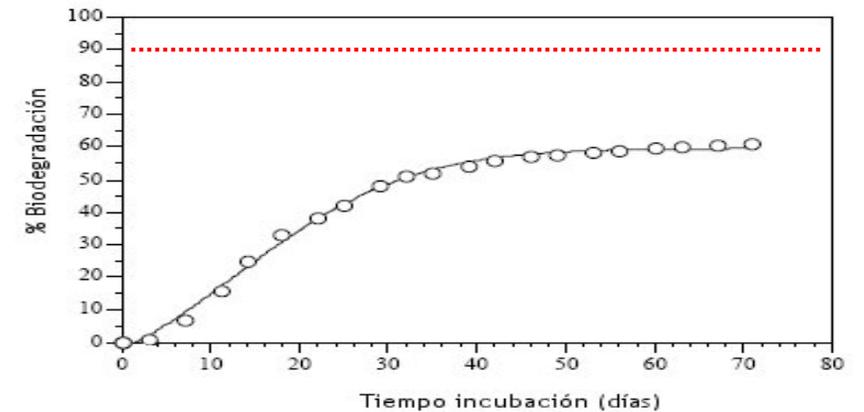


c) Bajo contenido en metales pesados y halógenos (F) del material plástico

| Element mg/kg on dry substance | European Union EN 13432 |
|--------------------------------|-------------------------|
| Zn | 150 |
| Cu | 50 |
| Ni | 25 |
| Cd | 0.5 |
| Pb | 50 |
| Hg | 0.5 |
| Cr | 50 |
| Mo | 1 |
| Se | 0.75 |
| As | 5 |
| F | 100 |

EN 13432:2001. Biodegradación

- **ISO 14855-1:2012.** Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método según el análisis de dióxido de carbono generado .
- **ISO 14855-2:2018.** Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método según el análisis de dióxido de carbono generado. Medida gravimétrica a escala de laboratorio del CO₂ generado.



Requisito:

- a) Porcentaje de biodegradación > 90%
- b) Tiempo máximo de ensayo: 6 meses

EN 13432:2001. Desintegración física

Proceso físico que implica la fragmentación del material plástico en el compost final (ausencia de contaminación visual).

- **Ensayos a escala real** (planta industrial de compostaje) (Recomendada)
- **ISO 16929:2013.** Plásticos. Determinación del grado de desintegración de materiales plásticos bajo condiciones definidas de compostaje en ensayos a escala piloto.
- **ISO 20200:2015.** Plásticos. Determinación del grado de desintegración de materiales plásticos bajo condiciones de compostaje simuladas en un ensayo de laboratorio.

Requisito:

- a) Material inicial retenido en un tamiz de 2mm < 10%
- b) Tiempo máximo de ensayo: 3 meses



EN 13432:2001. Calidad compost final y efectos tóxicos en plantas superiores

a) Estudio de la **composición físico-química del compost:**

- Se comparan los resultados entre compost con y sin plástico
- Parámetros físico-químicos: pH, contenido en sales, SSV, etc.

Requisito: Composición físico-química del compost debe cumplir los requisitos europeos o nacionales de calidad de compost (En España, RD 824/2005 sobre productos fertilizantes)



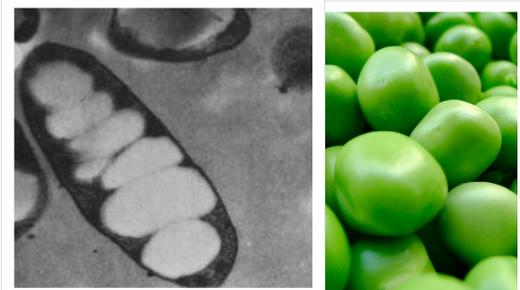
b) Estudio **efectos ecotoxicológicos en plantas superiores:**

- Se compara la velocidad de germinación y crecimiento de las especies en compost con y sin material plástico.
- Norma a utilizar: OECD Guideline 208 modificada.

Requisito: Porcentaje de germinación y crecimiento del 90% respecto de las obtenidas en el compost control



Acorde a la norma
UNE-EN
13432:2001
Compostabilidad
Industrial



Caracterización Química

Identificación de la muestra (**FTIR**)
Sólidos volátiles **>50%**
Contenido en **metales pesados** y **flúor**

Biodegradabilidad

ISO 14855. Compost
90% biodegradación
6 meses

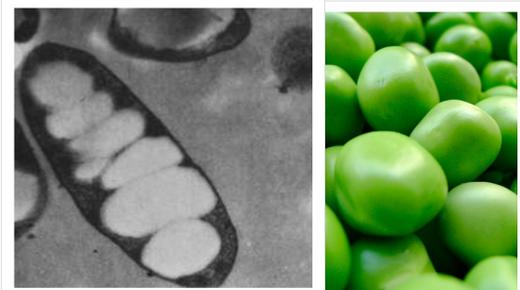
Desintegración

ISO 16929 → Escala piloto
ISO 20200 → Escala laboratorio
90% desintegración
3 meses

Ecotoxicidad

Análisis físico-químico del compost final
Estudio efecto **eco-toxicológicos en plantas superiores**
90% germinación y producción de biomasa

En base a la
norma UNE-EN
13432:2001
Compostabilidad
Doméstica



Caracterización Química

Identificación de la muestra (**FTIR**)
Sólidos volátiles **>50%**
Contenido en **metales pesados** y **flúor**

Biodegradabilidad

ISO 14855. Compost
90% biodegradación
Hasta 12 meses

Desintegración

ISO 16929 → Escala piloto
ISO 20200 → Escala laboratorio
90% desintegración
3 o hasta 6 meses

Ecotoxicidad

Análisis físico-químico del compost final
Estudio efecto **eco-toxicológicos en plantas superiores**
90% germinación y producción de biomasa

Sistemas de certificación

DIN CERTCO/European Bioplastics



TÜVRheinland®

DIN CERTCO

Precisely Right.

Biobased vs. Biodegradable/compostable.



Bio-based (procedente de fuentes renovables)



Biodegradable/compostable



Organismos certificadoros

- Asociación de empresas de Bélgica y organismo de certificación
- Fundada en 1872
- Logos reconocidos y aceptados en casi toda Europa
- Representación en Europa, África y Asia

TÜV Austria



Producto compostable en plantas compostaje industrial



Producto compostable en planta compostaje doméstica



Producto biodegradable en suelos



Producto biodegradable en el medio acuático/marino



20-40 %



40-60 %



Producto basado en recursos naturales



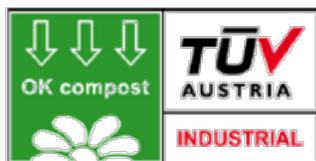
60-80 %



> 80 %

¿Cómo debo proceder?

- Estudio en laboratorio reconocido
- Entidad certificadora



AIMPLAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DEL PLÁSTICO

T alta (< 58° C)
Bacterias y hongos
90 % en 6 meses

T ambiente (20-30 °C)
Hongos y bacterias
90 % en 12 meses



La función de los laboratorios reconocidos y entidades certificadoras

La demanda de los bioplásticos está aumentando exponencialmente, y en la actualidad existe una amplia gama de productos [...]

<https://www.aimplas.es/blog/la-funcion-de-los-laboratorios-reconocidos-y-entidades-certificadoras/>