



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

# EVOLUCIÓ I ÚS DELS BIOPLÀSTICS EN ENVASOS ALIMENTARIS: SITUACIÓ ACTUAL

Treball Final de Grau  
Enginyeria Alimentària

Autor: Georgina Mor Monferrer  
Tutora: Isabel Achaerandio Puente  
Data: 20/ Juliol / 2020

## Resum

La introducció dels bioplàstics com a matèria primera per produir envasos alimentaris és una tendència més sostenible i enfocada cap a una economia circular. L'objectiu del treball és avaluar la implementació dels bioplàstics en la indústria alimentària i valorar les perspectives de futur d'aquests materials en l'envasament d'aliments.

Per fer-ho hem fet un anàlisi de la situació actual dels bioplàstics en el mercat i un estudi de les tendències de possible utilització. Amb tot això hem pogut veure i avaluar les diferents problemàtiques que hi ha en la implantació ferma d'aquest tipus de materials.

Per una banda, tenim la manca d'accés a la biomassa i la falta de competitivitat del preu de producció dels bioplàstics amb respecte el del petroli.

En segon lloc, hem vist que es necessita seguir investigant aquest sector per oferir millor alternatives i poder anar incorporant-les progressivament en substitució dels envasos de plàstics convencionals molt menys sostenibles.

Per últim, veurem que la manca d'una legislació i sistemes de gestió mediambientals potents dificulten el desenvolupament de productes ecològics; és per tan que s'haurà de seguir treballant en aquest sentit.

**Paraules clau:** plàstics convencionals, biobasat, recursos renovables, recursos fòssils, reciclatge, compostatge, biodegradable, residus, gestió mediambiental.

## Resumen

La introducción de los bioplásticos como materia prima para producir envases alimentarios es una tendencia más sostenible y enfocada hacia una economía circular. El objetivo del trabajo es evaluar la implementación de los bioplásticos en la industria alimentaria y valorar las perspectivas de futuro de estos materiales en el envasado de alimentos.

Para ello hemos hecho un análisis de la situación actual de los bioplásticos en el mercado y un estudio de las tendencias de posible utilización. Con todo ello hemos podido ver y evaluar las diferentes problemáticas que hay en la implantación firme de este tipo de materiales.

Por un lado, tenemos la falta de acceso a la biomasa y la falta de competitividad del precio de producción de los bioplásticos con respecto al del petróleo.

En segundo lugar, hemos visto que se necesita seguir investigando este sector para ofrecer mejores alternativas y poderlas ir incorporando progresivamente en sustitución a los envases de plásticos convencionales mucho menos sostenibles.

Por último, veremos que la falta de una legislación y sistemas de gestión medioambientales potentes dificultan el desarrollo de productos ecológicos; es por tanto que se deberá seguir trabajando en este sentido.

**Palabras clave:** plásticos convencionales, biobasado, recursos renovables, recursos fósiles, reciclaje, compostaje, biodegradable, residuos, gestión medioambiental.

## Abstract

The introduction of bioplastics as a raw material to produce food containers is a more sustainable trend focused on a circular economy. The objective of the study is to evaluate the implementation of bioplastics in the food industry and evaluate the future prospects of these materials in food packaging.

To this end, we have carried out an analysis of the current situation of the bioplastics in the market and a study of the tendencies of possible use. With all this we have seen and evaluated the different problems that are in the firm execution of this type of materials.

On the one hand, we have the lack of access to the biomass and the lack of competitiveness of the production price of the bioplastic with respect to the oil.

Secondly, we have seen that it is necessary to investigate more to provide better alternatives and to gradually incorporate them instead of much less sustainable conventional plastic containers.

Finally, we will see that the lack of powerful environmental legislations and management systems hinders the development of organic products; therefore, it is necessary to do more work in this regard.

**Keywords:** conventional plastics, biobased, renewable resources, fossil resources, recycling, composting, biodegradable, waste, environmental management.

## Sumari

<b>ÍNDEX DE FIGURES</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDEX DE TAULES</b>	<b>7</b>
<b>SÍMBOLS I ACRÒNIMS</b>	<b>9</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>11</b>
<b>PREFACI</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓ</b>	<b>13</b>
1.1 Context actual.....	13
1.2 Legislació.....	17
1.2.1 Directiva per reduir l' impacte mediambiental del plàstic .....	17
1.2.2 Directives i lleis de residus d'envasos i embalatges.....	17
1.2.3 Regulacions de material plàstic destinats a entrar en contacte amb els aliments ...	18
<b>OBJECTIUS</b>	<b>21</b>
<b>METODOLOGIA DE LA REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA</b>	<b>22</b>
<b>RESULTATS</b>	<b>24</b>
1.1 Bioplàstics .....	24
1.1.1 Classificació dels plàstics .....	24
1.1.2 Normatives i certificacions .....	27
1.1.3 Problemàtica dels plàstics convencionals.....	33
1.1.4 Gestió i recuperació de residus de bioplàstics.....	34
1.1.5 Usos dels bioplàstics.....	36
1.2 Evolució i perspectives de futur dels bioplàstics.....	45
1.3 Estudis de recerca publicats en els darrers anys .....	63
1.4 Exemples de productes de mercat amb envasos bioplàstics .....	65
1.5 Discussió .....	77
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>81</b>
<b>ANNEXOS</b>	<b>90</b>
Annex A. Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 12 de Juny de 2020) .....	90
Annex B. Pictogrames .....	93

## Índex de figures

Figura 1 Origen de la matèria prima dels plàstics _____	24
Figura 2 Classificació dels plàstics segons origen de la matèria prima i Biodegradabilitat _____	24
Figura 3 Etiqueta de certificació de contingut biobasat Vinçotte _____	29
Figura 4 Etiqueta de certificació de contingut biobasat DIN CERTCO _____	29
Figura 5 Etiquetes de certificació de compostatge industrial _____	31
Figura 6 Etiquetes de certificació de compostatge a la llar _____	31
Figura 7 Etiquetes de certificació de biodegradabilitat al sòl _____	31
Figura 8 Etiqueta de certificació de biodegradabilitat als medis marins _____	31
Figura 9 Procés de gestió i recuperació de residus bioplàstics _____	34
Figura 10 Bucle de reciclatge mecànic _____	35
Figura 11 Bucle del Compostatge _____	35
Figura 12 Classificació dels plàstics segons la seva biodegradabilitat i origen de la matèria prima ____	36
Figura 13 Producció de plàstics de 1950 a 2018 _____	49
Figura 14 Capacitats de producció global de bioplàstics al 2019 i al 2024 (per tipus de material)	51
Figura 15 Àrea Global d'agricultura _____	52
Figura 16 Requeriment mundial de biomassa per a la producció de polímers biobasats el 2019 _	52
Figura 17 Capacitats de producció global de polímers biobasats per regió el 2019 i el 2024 (excloent la cel·lulosa, acetat, resines epoxi i poliuretà) _____	53

---

Figura 18 Capacitats globals de producció de Bioplàstics el 2019 i el 2024 (per segment de mercat)	53
Figura 19 Capacitats globals de producció de Bioplàstics el 2019 i el 2024 (per segment de mercat i tipus de bioplàstic)	54
Figura 20 Plàstics biodegradables (per segment de mercat) 2019	54
Figura 21 Residus plàstics exportats de la UE	56
Figura 22 Residus plàstics d'EEUU exportats a Àsia	57
Figura 23 Evolució del 2006 a 2018 del tractament de residus d' Envasos plàstics a UE28+NO/CH	58
Figura 24 Evolució del 2006 a 2018 del tractament de residus d' Envasos plàstics a Espanya	58
Figura 25 Tractament de residus d' Envasos plàstics el 2018 a UE28+NO/CH	59
Figura 26 Tractament de residus d' Envasos plàstics el 2018 a Espanya	59
Figura 27 Índex de reciclatge d'Envasos plàstics per països el 2018	60
Figura 28 Gestió dels residus plàstics de 1960-2015 a EEUU	60
Figura 29 Evolució del nombre de publicacions sobre Bioplàstics en els darrers 20 anys	63

## Índex de taules

Taula 1	Accions recomanades a nivell de la UE de l'Estratègia europea pels plàstics en una economia circular de la Comissió europea	16
Taula 2	Directives i lleis de residus d'envasos i embalatges a nivell europeu i espanyol	18
Taula 3	Propietats dels plàstics biobasats	25
Taula 4	Normes per la determinació del contingut biobasat	28
Taula 5	Normes europees per la Certificació de biodegradabilitat i compostabilitat	30
Taula 6	Organismes de certificació, estàndards i logotips	32
Taula 7	Organismes de certificació, estàndards i logotips	32
Taula 8	Visió general de les aplicacions d'envasat de plàstics fòssils i alternatives biobasades	36
Taula 9	Diversos envasos: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària	39
Taula 10	Ampolla: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària	40
Taula 11	Film: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària	41
Taula 12	Film: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària	42
Taula 13	Tapa de safata: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària	42
Taula 14	Safata: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària	43
Taula 15	Contenidors i caixes: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària	43
Taula 16	Envasos flexibles alimentaris	69
Taula 17	Envasos flexibles alimentaris	70
Taula 18	Recobriments i laminats de paper	71



Taula 19 Films aspecte paper	72
Taula 20 Recipients per a béns de consum	72
Taula 21 Altres aplicacions d'envasos	73
Taula 22 Altres aplicacions d'envasos	74
Taula 23 Ampolles	75
Taula 24 Càpsules de cafè sostenibles i articles sol ús	76

## Símbols i acrònims

### Acrònims

ASTM *American Society for Testing and Materials*

BADGE Diglicidil èter de Bisfenol A

Bio-HDPE Polietilè d' alta densitat biobasat

Bio-PBS Succinat de polibutilè biobasat

Bio-PE Polietilè biobasat

Bio-PET Tereftalat de polietilè biobasat

Bio-PP Polipropilè biobasat

BFDGE Diglicidil èter de Bisfenol F

CEE Comunitat Econòmica Europea

CEN Comitè Europeu de Normalització

EN *European Standard*

EUBP *European Bioplastics*

EU PEF *European Union Product Environmental Footprint*

HDPE Polietilè d' alta densitat

ISO *International Organization for Standardization*

IUPAC *International Union of Pure and Applied Chemistry*

FDA *Food and Drug Administration*

FDCA Àcid furandicarboxílic

LCA *Life Cycle Analysis* / Anàlisi del cicle de vida

MEG Glicol monoetilè

NOGE Èters glicidílics de novolac

PA Poliacrilamida

PBAT Tereftalat de polibutilè adipat

PBS Succinat de polibutilè

PBSA Adipat de succinat de polibutilè

PBST Tereftalat de succinat de polibutilè

PC Policarbonat

PCL Policapronolactona

PE Polietilè

PEA Adipat de polietilè  
PEF Polietilè furanoat  
PET Tereftalat de polietilè  
PHA Polihidroxiacanoat  
PHB Polihidroxi butirat  
PLA Àcid polilàctic  
PP Polipropilè  
PS Poliestirè  
PTT Tereftalat de politrimetiletè  
PVC Polivinilclorur  
PVOH Polivinilalcohol  
RD Reial Decret  
TFG Treball Fi de Grau  
TPC-ET Elastòmer de polièster termoplàstic  
TPS midó termoplàstic  
TS *Technical Specifications*  
UE Unió Europea



## Agraïments

Vull agrair especialment l'ajut i comprensió rebuda per part de la meva tutora Isabel Achaerandio que malgrat la dura situació viscuda amb el confinament per la pandèmia mundial del Covid-19 ha estat al meu costat per donar-me suport i m'he sentit molt recolzada anímicament en tot moment. Hem viscut una situació molt complexa i difícil; i malgrat tot ella ha estat allà complint les seves tasques i traient unes qualitats humanes admirables per donar-me els ànims i motivació necessaris per no rendir-me en aquesta darrera fita del Grau.

Vull donar gràcies a la direcció de l'Escola Superior d'Agricultura per la seva comprensió davant aquesta situació i donar les facilitats i eines per poder prosseguir els estudis i treballs en unes dates i condicions extraordinàries.

Vull agrair a tot el professorat que he tingut al llarg d'aquests anys ja que cada un d'ells i elles han contribuït a donar-me les capacitats tècniques i d'innovació necessàries per contribuir positivament dins el sector alimentari.

Vull agrair també a la Teresa Balanyà la seva dedicació i esforç al meu primer treball fi de grau que no es va poder prosseguir i completar per qüestions personals. Va tenir sempre una excel·lent disposició i va oferir sempre opcions per poder dur-lo a terme malgrat les dificultats que anaven sorgint. Malgrat tot i per una causa de força major vaig tenir que aturar-lo.

Estudiar a l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona ha sigut una experiència molt positiva i m'ha ajudat a créixer com a professional i com a persona.

## Prefaci

Com he comentat als agraïments el curs 2017-2018 vaig iniciar un TFG a l' empresa on havia fet les pràctiques amb la Teresa Balanyà com a tutora. Per temes personals no vaig poder prosseguir i més tard ja no vaig trobar sentit ni motivació de seguir amb aquell projecte.

Gràcies als coneixements i motivació que ens han transmès sempre els professors fa temps que tinc inquietuds pels temes de sostenibilitat i medi ambient a més de l' interès per la innovació en el sector alimentari.

És per això que per quan va arribar el moment de tornar a començar un TFG vaig començar a rumiar quins temes emergents dins la indústria alimentària em podien agradar.

Vaig recordar el tema dels bioplàstics i em va motivar la idea d'investigar i saber més sobre aquest tema per la importància que tenen els plàstics en els envasos i embalatges alimentaris i per la gran crisi del plàstic que hi ha a nivell mundial amb tot el tema del canvi climàtic. És per això que vaig començar a buscar informació i vaig veure que era un tema molt interessant i molt actual.

Vaig contactar directament amb la Isabel Achaerandio ja que havia sigut la meva professora de Tecnologia de la Conservació d'Aliments on havíem tractat el tema dels envasos alimentaris.

Li vaig plantejar que li semblava fer una investigació sobre aquest tema per veure l'ús i evolució dels bioplàstics en els envasos alimentaris dins un món que es veu obligat a evolucionar cap a l'economia circular i ho va trobar una proposta molt interessant pel que em vaig posar mans a l'assumpte i a continuació hi trobareu el resultat.



# Introducció

## 1.1 Context actual

Corren temps difícils pel medi ambient. En una món tan globalitzat i industrialitzat l'ús dels envasos és imprescindible. Després però, de moltes dècades utilitzant-los, ha sorgit la necessitat de fer-los més sostenibles i respectuosos amb el medi ambient, el qual n'ha sortit molt perjudicat de la industrialització massiva d'aliments i altres productes de consum.

El reciclatge del vidre i el cartró és molt més fàcil i efectiu, per tant, l'impacte mediambiental dels seus residus és menor. Per contra, la mala gestió dels plàstics dins el sistema de reciclatge ha generat un estat d'alarma als ecosistemes del món, ja que perjudiquen greument la seva salut.

És per això que en els darrers anys s'han fet estudis i s'han començat a produir plàstics biodegradables que volen realitzar les mateixes funcions que els plàstics convencionals i que són biodegradables mitjançant un compostatge ben gestionat, minimitzant així l'ús de combustibles fòssils. Aquest tipus de bioplàstics són ideals per arribar a una economia circular.

Els models de negoci basats en l'economia circular es coneixen des de mitjans dels anys 70 i en l'actualitat s'apliquen en nombrosos sectors industrials. Fa dècades que Walter R. Stahel, per primer cop el 1976 en el seu informe de recerca per la Comissió Europea a Brussel·les "El Potencial de substituir Mà d'Obra per Energia", va començar a descriure les múltiples avantatges dels sistemes basats en la circularitat. (Fundación migranodearena, 2017)

Les seves tesis es sustenten en què la present economia no és sostenible si es té en compte el consum de materials per càpita. Proposa, per això, desmaterialitzar l'economia; és a dir, produir més amb menys, utilitzar menys recursos ambientals i energia en els processos productius i reduir les deixalles a través de la reutilització i el reciclatge. (Fundación migranodearena, 2017)

L'avanç de l'economia circular necessita d'un marc normatiu potent. Europa, com a vell continent que va veure néixer la revolució industrial, ha estat de les primeres a reinventar-se i promoure l'ús de bucles de producció sense pèrdua.

Al desembre de 2015, la Comissió Europea va publicar "Tancar el bucle: un pla d'acció de la UE per a l'economia circular" on es reconeix que els materials biobasats (el terme "biobase" significa que el material o producte deriva en part de la biomassa de plantes), aporten avantatges per la seva renovabilitat, biodegradabilitat i compostabilitat .

Aquest Pla d'acció inclou un conjunt de mesures, inclosa una estratègia de la UE per als plàstics i un informe sobre els oxo-plàstics [1] .

Al 2016 la Comissió Europea va adoptar un paquet de mesures sobre economia circular, com la creació d'una plataforma de suport financer amb el Banc Europeu d'Inversions (BEI), que agrupa inversors i innovadors, l'orientació als Estats membres sobre la transformació de residus en energia i la proposició de la millora legislativa relativa a certes substàncies perilloses en aparells elèctrics i electrònics (Fundación migranodearena, 2017).

L'Estratègia de la UE per al plàstic en una economia circular és el primer marc polític a escala de la UE que adopta un enfocament basat en el cicle de vida específic dels materials per a integrar activitats circulars de disseny, ús, reutilització i reciclatge a les cadenes de valor dels plàstics. Per tant, actua com a catalitzador de l'acció (Bioplastics eV, European, 2018). L'estratègia estableix una visió clara amb objectius quantificats a escala de la UE, amb l'objectiu, entre altres coses, que per a l'any 2030 tots els envasos de plàstic comercialitzats en el mercat de la UE siguin reutilitzables o reciclables.

Derivat de tot això han sorgit una sèrie d' indústries, associacions i centres tecnològics que estan treballant en l' estudi i aplicació de nous plàstics biodegradables d' origen renovable (bioplàstics) que podrien acabar substituint els plàstics convencionals o com a mínim minimitzar-ne la seva producció, fent-ne un procés de producció més sostenible i un cicle de vida dels envasos totalment circular. Aquest tipus de plàstic s' ha anat implementant poc a poc en alguns sectors, com poden ser bosses de plàstics i alguns envasos i embalatges d' ús alimentari totalment biodegradables.

El gener de 2018, la Comissió Europea va publicar "Una estratègia europea per als plàstics en una economia circular" (Bioplastics eV, European, 2020).

[1] "Oxo-plàstics o plàstics oxo-degradables són plàstics convencionals que inclouen additius per accelerar la fragmentació del material en trossos molt petits, provocats per la radiació UV o l'exposició a la calor." (COMISSION, EUROPEAN, 2018)



Segons la Comissió, aquesta proposta és un gran pas per canviar el sistema de plàstics europeu fent-lo més eficient en els recursos i per a que impulsi el canvi d'un sistema lineal a un circular.

La Comissió Europea ha fet la revisió de la legislació de la UE sobre residus, que inclou una revisió de la Directiva marc de residus i la Directiva sobre residus d'envasos i envasos. Aquesta ha sigut adoptada i va entrar en vigor el primer semestre del 2018 (Directiva UE 2018/852).

El marc de la Directiva de residus revisada permet que els envasos biodegradables i compostables es reciclin conjuntament amb la matèria orgànica per posteriorment ser reciclats en compostatge industrial i digestió anaeròbia.

Els plàstics biodegradables fan que incrementi la recollida de més residus biològics i per tan contribueixen per assolir les noves fites de reciclatge i minimitzen l'impacte ambiental. A més ajuda a reduir la dependència que té actualment Europa a la importació de les matèries primeres.

El 2023, la recollida selectiva dels residus orgànics serà obligatòria a tota Europa. (Bioplastics eV, European, 2020).

La Directiva (UE) 2018/852 sobre residus d'envasos i embalatges reconeix que els materials biològics i reciclats fan més sostenible els envasos i és per això que s'anima als Estats membres a promoure l'ús d'envasos reciclables i compostables biobasats. La Directiva però encara no té mesures legislatives concretes que estimulin el seu ús i millorin les condicions del mercat per a aquests tipus de productes. Les accions que promou es troben a la taula 1.

Tal i com es recull a l'informe de la Comissió Europea, trobem que els estàndards europeus rellevants, com ara la norma EN 13432 per a envasos de plàstic compostables industrialment, es poden fer servir en un futur com a base de les futures normes per al compostatge (Bioplastics eV, European, 2018).

El desenvolupament dels nous materials indica que Europa s'està comprometent a fer realitat l'economia circular i dona una gran oportunitat a la indústria dels bioplàstics d'Europa, les quals segueixen invertint en R+D i en noves capacitats de producció dins d'Europa. Aquesta jove indústria europea dels bioplàstics es veu mancada de condicions de joc per a l'accés a la biomassa i de



normatives concretes per impulsar la seva introducció dins del mercat i poder garantir la seguretat a les inversions a llarg termini (Bioplastics eV, European, 2020).

Per la Comissió, la reducció de les fuites de plàstics al medi ambient, especialment com a microplàstics, i en el context marí són una gran prioritat.

Taula 1 Accions recomanades a nivell de la UE de l'Estratègia europea pels plàstics en una economia circular de la Comissió europea

<p>Mesures per facilitar la transició cap a una economia circular biobasada i baixa en carboni:</p>	<p>Solucions especialitzades en un sistema circular de plàstics (incloses a la Directiva (UE) 2018/852):</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promoure l'ús de materials biobasats per a la fabricació d'envasos.</li> <li>- Definir els criteris de sostenibilitat de matèries primeres a tota la UE pels bioplàstics.</li> <li>- Generar un marge d'acció dels bioplàstics respecte als plàstics basats en recursos fòssils.</li> <li>- Crear noves normes harmonitzades per garantir que, al 2030, el 10% de tots els materials d'embalatge de plàstic que es posin al mercat siguin biobasats.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir criteris per a les aplicacions, en què els plàstics biodegradables siguin més adequats que els plàstics convencionals.</li> <li>- Per al 2030 permetre, quan sigui ambientalment beneficiós des del punt de vista del cicle de vida, que una gamma d'envasos de plàstic que s'utilitzen per a aliments (especialment aliments peribles) siguin biodegradables / compostables per tal de que es pugui reciclar orgànicament.</li> <li>- Restringir l'ús d'oxo-plàstics degradables a la UE.</li> <li>- Facilitar la implementació de normes, definicions i etiquetes harmonitzades existents per a plàstics compostables industrialment a tota la UE.</li> <li>- Impulsar la recollida separada de residus i a garantir que els residus es puguin reciclar com a recurs valuós.</li> </ul>

Font: (Bioplastics eV, European, 2018)



## 1.2 Legislació

Pel que respecta a la legislació trobem que la problemàtica dels plàstics ha generat una sèrie de modificacions i creacions de noves directives mediambientals que estan ajudant a promoure l'economia circular i la introducció dels bioplàstics dins el mercat com a possibles substituïts dels plàstics d'un sol ús tal i com podem veure als apartats 1.2.1 i 1.2.2.

A més a més per la producció de bioplàstics per l'ús en envasos i embalatges se li aplica les regulacions generals i específiques recollides a l'apartat 1.2.3.

### 1.2.1 Directiva per reduir l'impacte mediambiental del plàstic

- **Directiva (UE) 2019/904** DEL PARLAMENT EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de juny de 2019 relativa a la reducció de l'impacte de determinats productes de plàstic en el medi ambient.

Aquesta Directiva s'aplica als productes d'un sol ús, als productes fabricats amb plàstic oxo-degradable i als arts de pesca que contenen plàstic.

L'objectiu que es planteja aquesta Directiva és prevenir i reduir l'impacte dels plàstics en el nostre entorn i a fomentar un sistema d'Economia Circular per aquests materials.

D'aquesta manera, els productes que no siguin prohibits, hauran de passar a tenir un cicle de vida circular: el disseny i la producció de plàstics i productes de plàstic s'haurà de modificar de tal manera que respecti plenament les necessitats de reutilització, reparació i reciclatge i es desenvolupin i promoguin materials més sostenibles. (García, 2019)

### 1.2.2 Directives i lleis de residus d'envasos i embalatges

Aquestes normes recollides a la taula 2 tenen com a propòsit prevenir la creació de residus, així com fomentar la reutilització i el reciclatge de mateixos, garantint un ús més sostenible dels recursos i un nivell major de protecció de l'entorn i de la salut humana. (GARRIGUES, S.L.P., J&A, 2018)

Taula 2 Directives i lleis de residus d'envasos i embalatges a nivell europeu i espanyol

Europa	Espanya
Directiva europea 94/62/CE sobre residus d'envasos i embalatges.	Llei 11/1997, de 24 d'abril, de residus d'envasos i embalatges.
Substituït per la Directiva (UE) 2018/852	Llei 22/2011, de 28 de juliol, de residus i sòls contaminats.

Fonts: elaborat amb (Navarro, 2013) (ACSA, 2020) (Bonwick, Bradley, Lock, & Romero, 2019)

### 1.2.3 Regulacions de material plàstic destinats a entrar en contacte amb els aliments

#### Legislació general europea:

Les primeres directives generals que regulaven els materials en contacte amb aliments van ser:

- **Directiva de la Comissió 80/590/CEE**, de 9 de juny de 1980, sobre determinació del símbol que pot acompanyar materials i articles destinats a entrar en contacte amb l'alimentació.
- **Directiva 89/109/CEE** del Consell, de 21 de desembre de 1988, relativa a l'aproximació de les lleis dels Estats membres relatives als materials i articles destinats a entrar en contacte amb l'alimentació.

Posteriorment van ser derogades per l' actual reglament:

- **Reglament (UE) 1935/2004** del Parlament Europeu i del Consell, de 27 d'octubre de 2004, sobre materials i articles destinats a entrar en contacte amb les directives de menjar.

#### Legislació europea específica sobre els materials en contacte:

El Reglament (UE) 1935/2004 implica directament el compliment obligatori del:

- **Reglament (UE) 2023/2006** de la Comissió, de 22 de desembre de 2006, sobre bones pràctiques per a la fabricació de materials i articles destinats a entrar en contacte amb els aliments.



## Plàstics

La primera directiva específica sobre materials plàstics i articles destinats a entrar en contacte amb els aliments que va existir va ser:

- **Directiva de la Comissió 2002/72/CE**, de 6 d'agost de 2002, sobre materials plàstics i articles destinats a entrar en contacte amb els aliments.

Aquesta va ser derogada pel:

- **Reglament (UE) 10/2011** de la Comissió, de 14 de gener de 2011, sobre materials plàstics i articles destinats a entrar en contacte amb els aliments. Les substàncies utilitzades en la fabricació de bioplàstics han d'estar incloses en l'Annex I de l'esmentat reglament.

## Cel·lulosa regenerada

- **Directiva de la Comissió 2007/42/CE**, de 29 de juny de 2007, sobre materials i articles de cinema cel·lulòsics regenerats destinats a entrar en contacte amb productes alimentaris.

## Materials i objectes actius i intel·ligents

- **Reglament (CE) 450/2009** de la Comissió de 29 de maig de 2009 sobre materials i articles actius i intel·ligents destinats a entrar en contacte amb els aliments.

## Bisfenol A en els vernissos i revestiments

- **Reglament (UE) 2018/213** sobre l'ús de bisfenol A en els vernissos i revestiments destinats a entrar en contacte amb els aliments i pel qual es modifica el Reglament (UE) núm. 10/2011.

### **Derivats epoxídics: BADGE/BFDGE/NOGE**

- **Reglament (UE) 1895/2005** de la Comissió, de 18 de novembre de 2005, restringeix l'ús de determinats derivats epoxídics en materials i articles destinats a entrar en contacte amb els productes alimentaris.

### **Legislació espanyola:**

D'acord amb el Reglament UE 1935/2004 que estableix en el seu article 11 que els Estats membres poden mantenir o adoptar disposicions nacionals en aquest àmbit obtenim els següents decrets (AECOSAN, 2020).

### **Materials polimèrics**

- **Reial Decret 847/2011**, de 17 de juny, pel qual s'estableix la llista positiva de substàncies permeses per a la fabricació de materials polimèrics destinats a entrar en contacte amb els aliments.

### **Materials polimèrics reciclats**

- **Reial Decret 517/2013**, de 5 de juliol, pel qual es modifica el **Reial Decret 846/2011**, de 17 de juny, pel qual s'estableixen les condicions que han de complir les matèries primeres a força de materials polimèrics reciclats per a la seva utilització en materials i objectes destinats a entrar en contacte amb aliments.

### **Cel·lulosa regenerada**

- **Reial Decret 691/2005**, de 10 de juny, pel qual es modifica el **Reial Decret 1413/1994**, de 25 de juny, pel qual s'aproven les normes tècniques sanitàries sobre els materials i objectes de pel·lícula de cel·lulosa regenerada per a ús alimentari.

## Objectius

L'objectiu principal d'aquest treball és avaluar el desenvolupament i aplicació dels bioplàstics en la indústria alimentària en els darrers anys. Per aquest motiu s'han establert una sèrie d'objectius secundaris,

- Definir i sintetitzar la informació relativa dels bioplàstics a la UE.
- Revisar l'estat de l'art i valorar les perspectives de futur d'aquests materials en l'envasament d'aliments.
- Fer una recerca de productes alimentaris comercialitzats envasats emprant bioplàstics en el moment actual.

## Metodologia de la revisió bibliogràfica

Es va començar el treball a partir de la web d'[Asobiocom](#) i es va començar a investigar sobre les associacions i empreses vinculades amb el món dels bioplàstics. Vaig que tenir que fer un gran triatge ja que vaig trobar moltes referències i documents que parlaven dels bioplàstics però gràcies a això, vaig arribar a [European Bioplastics](#) d'on vaig extreure la documentació necessària per realitzar el punt 1.1. Bioplàstics, dels resultats, i una part del punt 1.1. Context actual de la introducció.

Per complementar aquest darrer punt es va realitzar una recerca a Google amb les paraules “economia circular” que em va permetre trobar la informació necessària en un blog de la [Fundación migranodearena](#).

Per la recerca de la legislació vigent, vaig consultar varies pàgines com [AECOSAN](#), [ACSA](#), [AINIA](#), diferents directives de [Eur-Lex](#) i un article de [FERA](#).

Per redactar una part de l'apartat 1.2 Evolució i perspectives de futur dels bioplàstics i l'apartat 1.3 Estudis realitzats, dels Resultats, vaig fer una recerca d'articles entre els anys 1990 i 2020 amb el terme “Bioplastics” a les bases de dades d' Scopus i Web of Science.

Es van fer altres cerques més concretes dins les bases de dades per trobar articles científics més concrets amb paraules claus tals com: “Bioplastics packaging”, “bioplastics biomass”, “bioplastics sources”, “bioplastics footprint”, “LCA and bioplastics” entre d' altres.

Vaig acabar de donar contingut a l' apartat 1.2 amb alguns articles i amb l' anàlisi de la informació trobada a [European Bioplastics](#) i un informe de [Nova Institute](#).

Per fer l'apartat 1.3 vaig fer una revisió general i global de tots els articles trobats a les dues bases de dades veient les tendències i evolució que hi ha hagut en els darrers 20 anys en els estudis publicats.

Per realitzar l'anàlisi de les tendències de les grans empreses respecte la sostenibilitat dels seus envasos vaig realitzar una cerca a Google amb el terme “grandes empresas alimentarias mundiales”, vaig mirar les imatges, anotar els noms dels grans holdings alimentaris i vaig anar buscant informació a les seves pàgines webs.



Llavors vaig voler fer un anàlisi de la situació de la gestió mediambiental i vaig trobar la gran problemàtica amb les exportacions de residus plàstics a les diferents pàgines citades a l'apartat corresponent.

Per seguir completant l'apartat vaig fer un anàlisi actual de la gestió dels residus plàstics amb les dades de [Plastics Europe](#) sobre la situació a nivell europeu i espanyol però també vaig analitzar la situació a nivell d' Estats units amb informació de [The Conversation](#).

Finalment, vaig analitzar la situació del Compostatge industrial mitjançant informació de [ECN](#) i alguns articles citats.

Per realitzar l' apartat 1.1.5 Usos dels bioplàstics vaig mirar a diferents pàgines d'empreses dedicades a aquest sector i entre la informació trobada a [Nurel](#) i la trobada a [European Bioplastics](#) vaig poder definir els usos.

Realitzant cerques diverses també vaig trobar el [Biobased Packaging Catalogue de Wageningen](#) amb el qual vaig poder elaborar les taules 9 a la 15.

Per realitzar l' apartat 1.4 Exemples de productes de mercat amb envasos bioplàstics vaig començar amb els exemples trobats a [European Bioplastics](#) i després vaig fer varies cerques a Google; amb conceptes com per exemple "bioplastics packaging", "bioplastics trays", "bioplastics bottles" entre d' altres; trobant diverses empreses dedicades a aquest sector i diferents empreses alimentàries que han anat introduint els bioplàstics en alguns dels seus envasos i embalatges. Vaig agafar els exemples trobats i vaig realitzar les taules 16 a 24. Vaig intentar trobar exemples de totes les aplicacions en envasos i embalatges alimentaris existents encara que alguna va resultar impossible.

Aquesta és la metodologia general que he fet servir, evidentment he fet moltes altres cerques a Google per trobar i complementar coses més concretes sobre un tema. També he trobat alguns articles interessants i útils de la base de dades [Researchgate](#).



## Resultats

### 1.1 Bioplàstics

#### 1.1.1 Classificació dels plàstics

Els plàstics poden classificar-se de diferents maneres però en funció de l'origen de la matèria prima amb que es produeixen els podem classificar com, veure figura 1, (Bioplastics eV, European, 2018)

- 1) Plàstics convencionals. Creats a partir de recursos fòssils.
- 2) Plàstics biobasats. Creats a partir de recursos renovables.



Figura 1 Origen de la matèria prima dels plàstics

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2018)

#### 1. Bioplàstics: Definició, classificació i característiques

Els bioplàstics comprenen tota una família de materials amb diferents propietats i aplicacions. “*Un material plàstic es defineix com un bioplàstic si és biobasat, biodegradable o té ambdues propietats*”, veure figura 2, (Bioplastics eV, European, 2018).

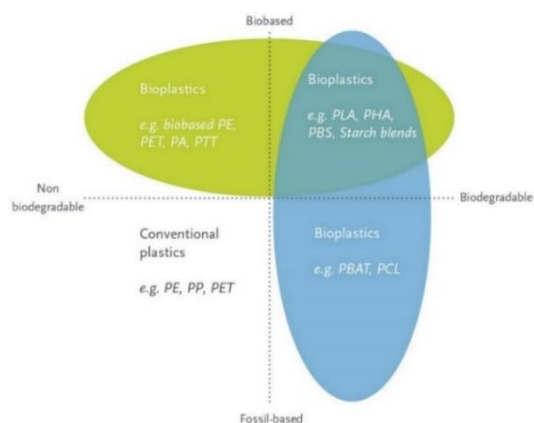


Figura 2 Classificació dels plàstics segons origen de la matèria prima i Biodegradabilitat

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2018)

**Classificació:**

Hi ha tres grups principals a partir del seu origen:

1. **Plàstics no biodegradables biobasats o parcialment biobasats** com ara PE, PP o PET biobasat (anomenats desplegable) i polímers biobasats de rendiment tècnic com el PTT o TPC-ET.
2. **Plàstics biobasats i biodegradables**, com ara PLA i PHA o PBS.
3. **Plàstics basats en recursos fòssils i biodegradables**, com el PBAT, PCL.

**Característiques:**

*“Biobasat: el terme “biobase” significa que el material o producte deriva (en part) de la biomassa (plantes). Aquesta biomassa utilitzada prové de les tiges de blat de moro, canya de sucre o cel·lulosa.”* A la taula 3 es troben descrites les propietats d’aquest materials (Bioplastics eV, European, 2018).

Taula 3 Propietats dels plàstics biobasats

<b>Plàstics biobasats o parcialment biobasats</b> (com el PE, el PET o el PVC biobasats o parcialment biobasats)	<b>Nous materials</b> (com el PLA, PHA, cel·lulosa o materials basats en midó)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tenen propietats idèntiques a les seves versions convencionals.</li> <li>• Són tècnicament equivalents als seus homòlegs fòssils; tot i així, ajuden a reduir la petjada de carboni d’un producte.</li> <li>• No són biodegradables.</li> <li>• Es poden reciclar mecànicament en els fluxos de reciclatge existents.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Són biodegradables i compostables.</li> <li>• Alguns ofereixen propietats de barrera optimitzades.</li> <li>• S’ha millorat la seva flexibilitat, durabilitat, imprimibilitat, transparència, barrera, resistència a la calor, lluentor i molts altres.</li> </ul>

Font: elaborada a partir de (Bioplastics eV, European, 2018)

**“Biodegradable:** La biodegradació és un procés químic durant el qual els microorganismes disponibles al medi converteixen els materials en substàncies naturals com l’aigua, el diòxid de carboni i el compost (no calen additius artificials). El procés de biodegradació depèn de les condicions ambientals circumdants (per exemple, ubicació o temperatura), del material i de l’aplicació.” Cal remarcar que "Biobasat" no és igual a "biodegradable" (Bioplastics eV, European, 2018)

La propietat de la biodegradació no depèn de la base de recursos d’un material sinó que depèn de la seva estructura química. Per tan podem trobar plàstics biobasats que no siguin biodegradables i plàstics basats en fòssils que es poden biodegradar.

Els plàstics biodegradables es poden reciclar junt la matèria orgànica obtenint-ne compost.

Aquests plàstics poden certificar-se com a :

- 1) **Compostable:** segons els estàndards internacionals com ara la norma EN 13432 aquests tipus de plàstics es poden compostar en plantes de compostatge industrial.
- 2) **Biodegradable:** s’han d’especificar les condicions ambientals i s’ha de definir un termini per a la biodegradació.

### **Avantatges**

Els bioplàstics ja siguin biobasats, biodegradables o tots dos en comparació amb les seves versions convencionals tenen els següents avantatges principals:

1. Impulsen l’evolució dels plàstics.
2. Estalvien recursos fòssils mitjançant l’ús de biomassa que es regenera (anualment); reduint-ne la petjada de carboni.
3. Són biodegradables per certs tipus de bioplàstics afegint el compostatge com a opció de gestió de residus.
4. Hi ha una alternativa bioplàstica, que té les mateixes propietats, per a gairebé tots els materials plàstics convencionals i l’aplicació corresponent.

### 1.1.2 Normatives i certificacions

#### Normativa harmonitzada per als bioplàstics

La normalització serveix per definir criteris i directrius generalment acceptats per a la descripció de productes, serveis i processos. L'objectiu és facilitar la competència i el creixement comercial superant les barreres que resulten d'especificacions i comunicacions poc clares o incoherents, introduint punts de referència per als requisits de qualitat desitjables i prevenir un comportament fraudulent del mercat. L'adherència a aquestes normes és generalment voluntària, cosa que significa que correspon als participants del mercat sol·licitar el compliment d'una norma o no.

Hi ha dos tipus diferents de sistemes d'avaluació, que s'anomenen ambdós estàndards (Bioplastics eV, European, 2019).

- 1) **Mètodes de prova** que descriuen els criteris metodològics i normalment descriuen els procediments que s'han de seguir.
- 2) **Especificacions** que tenen una funció normativa i defineixen un conjunt de criteris de passa/falla com a requisits que s'han de complir per tal que un producte o material compleixi l'estàndard.

Com que encara no hi ha una legislació global de la UE que harmonitzi específicament els estàndards per a reclamacions de màrqueting ambiental i de productes, la Comissió Europea, així com els governs nacionals, els ministeris i els instituts de normalització independents, han publicat multitud de normes que poden servir de base per avaluar les reclamacions de bioplàstics i altres productes biobasats.

Els òrgans més importants de normalització creadors de normes són ISO (Organització Internacional per a la Normalització), CEN (Comitè Europeu de Normalització) i ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

En referència a la normalització dels bioplàstics trobem diferents certificacions europees relacionades:

- Certificació del contingut biobasat
- Certificació de biodegradabilitat i compostabilitat

### Determinació del contingut biobasat

Les empreses que utilitzen bioplàstics biobasats en envasos alimentaris poden indicar el "contingut de carboni biobasat" o el "contingut de massa biobasada" dels seus productes. Veure el recull de normes a la taula 4.

Taula 4 Normes per la determinació del contingut biobasat

Norma	Mètode	Expressió resultat
<b>CEN / TS 16137: 2011</b> <b>Plàstics</b>  (norma americana, <b>ASTM 6866</b> )	<b>Mètode 14C</b> que permet determinar el contingut de carboni biobasat en monòmers, polímers i materials plàstics i productes	<b>Contingut de carboni biobasat</b> com a fracció pes (massa) o per cent de pes (massa)
<b>EN 16640:2017</b> <b>Productes biobasats</b>	<b>Mètode radiocarboni</b> descriu el mètode de determinació el carboni biobasat mesurant l'isòtop de carboni C14.	<b>Contingut en carboni biobasat</b>
<b>EN 16785-1</b> <b>Productes biobasats</b>	<b>Anàlisi de radiocarboni i anàlisi elemental;</b> mètode per comptabilitzar altres elements biobasats en un polímer mitjançant anàlisis elementals. Requereix una declaració sobre la composició i l'origen del producte	<b>Contingut biològic</b>
<b>EN 16785-2</b> <b>Productes biobasats</b>	<b>Mètode de balanç de materials</b> és un mètode que es basa en un balanç de materials aplicat a un lot de producte representatiu en una unitat de producció	<b>Contingut biològic</b>

Font: elaborat a partir de (Bioplastics eV, European, 2019)



### Certificació i etiquetes del contingut biobasat

Hi ha disponibles esquemes de certificació i etiquetes de productes derivats basats en l'estàndard europeu i dels Estats Units. Podem trobar certificadors europeus com ara:

- TÜV AUSTRIA
- DIN CERTCO

Les seves etiquetes de certificació es troben a les figures 3 i 4.

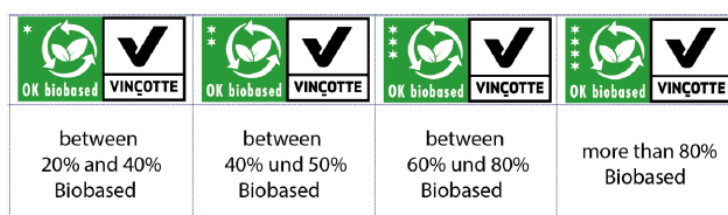


Figura 3 Etiqueta de certificació de contingut biobasat Vinçotte

Font: Extret de (van Crevel, 2016)



Figura 4 Etiqueta de certificació de contingut biobasat DIN CERTCO

Font: Extret de (van Crevel, 2016)

### Certificació de biodegradabilitat i compostabilitat

Com hem vist els bioplàstics compostables segons els estàndards internacionals, es poden tractar en plantes de compostatge industrials.

La norma europea harmonitzada, **EN 13432** o **EN 14995** defineixen l'especificació tècnica per a la compostabilitat dels productes bioplàstics (taula 5).

Taula 5 Normes europees per la Certificació de biodegradabilitat i compostabilitat

EN 13432: 2000 Embalatge	EN 14995: 2006 Plàstics
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisits per a envasos recuperables mitjançant compostatge i biodegradació.</li> <li>• Esquema de proves i criteris d'avaluació per a l'acceptació final dels envasos.</li> <li>• Norma europea harmonitzada vinculada a la Directiva Europea sobre els residus d'envasos i envasos (94/62/CE). Ha estat traduïda i implementada a tots els Estats membres europeus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaluació de la compostabilitat.</li> <li>• Esquema de prova i especificacions.</li> <li>• Amplia l'abast dels plàstics quan s'utilitzen en aplicacions no envasades. La EN 13432 s'aplica quan s'utilitzen plàstics per a l'emalatge</li> </ul>

Font: elaborada a partir de (Bioplastics eV, European, 2020)

La prova de la certificació segons la norma EN 13432 / EN 14995 inclou:

- Test químic: S'han de respectar tots els constituents, els valors líndars dels metalls pesants.
- Biodegradabilitat en condicions de compostatge controlat (consum d'oxigen i producció de CO<sub>2</sub>): S'ha de demostrar que almenys el 90 per cent del material orgànic es converteix en CO<sub>2</sub> en un termini de 6 mesos.
- Desintegració: Després del compostatge de tres mesos i el tamisat posterior mitjançant un tamís de 2 mm, no es poden quedar més del 10 per cent de residus, en comparació amb la massa original.
- Prova pràctica de compostabilitat en un equipament de compostatge semiindustrial (o industrial): no es permet cap influència negativa en el procés de compostatge.
- Prova d'ecotoxicitat: examen de l'efecte del compost resultant sobre el creixement vegetal (test agronòmic). (Bioplastics eV, European, 2020)

## Certificació i etiquetes de biodegradabilitat i compostabilitat

Les certificacions i etiquetes que posen de manifest les opcions especials de final de vida dels productes biobasats, figures 5, 6, 7 i 8. (INNPROBIO, 2020)

### 1. Compostatge

- Industrial



Figura 5 Etiquetes de certificació de compostatge industrial

Font: Extret de (INNPROBIO, 2020)

- A casa



Figura 6 Etiquetes de certificació de compostatge a la llar

Font: Extret de (INNPROBIO, 2020)

### 2. Biodegradabilitat al sòl



Figura 7 Etiquetes de certificació de biodegradabilitat al sòl

Font: Extret de (INNPROBIO, 2020)

### 3. Biodegradabilitat als medis marins



Figura 8 Etiqueta de certificació de biodegradabilitat als medis marins

Font: Extret de (INNPROBIO, 2020)



Les tres certificacions més utilitzades a Europa per demostrar el compliment de la norma de compostabilitat EN 13432 són:

- Seedling (Vinçotte o DIN CERTCO)
- DIN Geprüft (DIN CERTCO)
- Les etiquetes 'OK compost' (Vinçotte)

Però n' hi ha d' altres tan a nivell europeu com internacionals com podem observar a la taula 6 i 7,

Taula 6 Organismes de certificació, estàndards i logotips

Certification Body	Reference Standard	Logo
DIN Certco (Germany)	EN 13432:2000	
AFOR (UK)	EN 13432:2000	
Keurmerkinstituut (Netherlands)	EN 13432:2000	
COBRO (Poland)	EN 13432:2000	
ABA (Australia)	EN 13432:2000	
Vincotte (Belgium)	EN 13432:2000	
Jätelaito-syhdistys (Finland)	EN 13432:2000	

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2009)

Taula 7 Organismes de certificació, estàndards i logotips

Certification Body	Reference Standard	Logo
Certiquality / CIC (Italy)	EN 13432:2000	
Avfall Norge (Norway)	EN 13432:2000	
BPI (USA)	ASTM D 6400-04	
BNQ (Canada)	BNQ 9011-911/2007	
JBPA (Japan)	Green Pla identification system	

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2009)

### 1.1.3 Problemàtica dels plàstics convencionals

La gran problemàtica dels plàstics convencionals és que:

1. Són derivats del petroli, és a dir, d'un recurs no renovable.
2. Es generen en enormes quantitats que no són gestionades adequadament. D' aquesta manera els plàstics que no es poden reciclar acaben incinerats o a abocadors que agreujen els gasos d' efecte hivernacle i , a més, els lixiviats dels abocadors.
3. En absència de gestió, romanen en el medi ambient tant de temps que fins i tot s'han introduït en la nostra cadena alimentària. (OPEMED, 2018)

Dins aquest grup trobem la gran problemàtica dels **productes oxo-biodegradables o oxo-plàstics**:

#### Característiques:

- No compleixen els requisits de la norma EN 13432 sobre compostabilitat industrial.
- Els plàstics que s'anuncien com a "oxo-degradables" o "oxo-biodegradables" es fabriquen a partir de plàstics convencionals i es barregen amb additius per imitar la biodegradació.
- L'efecte principal de l'oxidació és una mera fragmentació del material o producte en partícules petites que queden al medi.
- No es consideren bioplàstics.

#### Problemàtica:

- Sovint els productors afirmen que són "degradables", "oxo-degradables", "oxo-biodegradables" o "oxo-fragmentables", i de vegades fins i tot "compostables", sense aportar cap tipus de prova.
- Es descomponen en fragments molt petits que queden al medi (oxo-fragmentació).
- No hi ha cap estàndard o procés de certificació establert i reconegut internacionalment que demostrï l'èxit de l'oxo-degradació.
- Les empreses que ofereixen materials plàstics convencionals mediatos en additius prometen una "solució ràpida" per a països que no tenen o gairebé cap infraestructura de gestió de residus, però aquesta promesa comporta grans perills per al medi ambient.

Al 2017, més de 150 organitzacions a tot el món, van confirmar una declaració de la iniciativa *New Plastics Economy* de la Fundació Ellen MacArthur que proposa prohibir els envasos de plàstic oxo-degradables a tot el món (Bioplastics eV, European, 2020).

#### 1.1.4 Gestió i recuperació de residus de bioplàstics

Els bioplàstics tenen diferents opcions de final de vida: reutilització, reciclatge mecànic, reciclatge orgànic i la recuperació d'energia. Igual que en els plàstics convencionals, la manera de recuperar els residus de bioplàstics depèn del tipus de producte i del material bioplàstic utilitzat, de les quantitats i dels sistemes de recuperació disponibles (figura 9). Trobem els següents sistemes de gestió dels bioplàstics (Bioplastics eV, European, 2016),

1. **Reciclatge mecànic** (Plastics and packaging waste collection)
2. **Reciclatge orgànic** (Biowaste collection) per fer **Compostatge**.



Figura 9 Procés de gestió i recuperació de residus bioplàstics

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)

#### 2. Reciclatge mecànic

Els plàstics biobasats es poden reciclar en corrents separats per a cada tipus de material juntament amb els seus homòlegs convencionals. El resultat d'aquest reciclatge serà l'obtenció de nous granulats biobasats per fer plàstics reciclats en diferents qualitats o de bioenergia en el cas que no es puguin reutilitzar ni reciclar (figura 10).

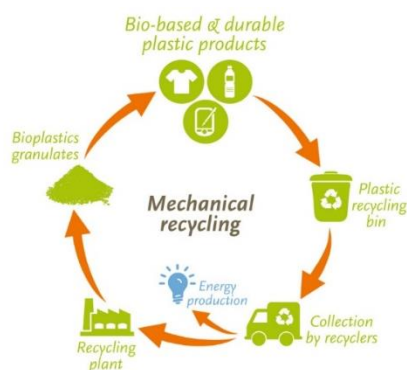


Figura 10 Bucle de reciclatge mecànic

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)

### 3. El compostatge (Reciclatge orgànic)

L'ús de bioplàstics compostables fa que aquests barrejats amb la matèria orgànica siguin adequats per al reciclatge orgànic (compostatge). Aquest tipus de residu es desvia d'altres corrents de reciclatge o d'abocador i es facilita la recollida selectiva obtenint de producte final un compost valuós (figura 11).

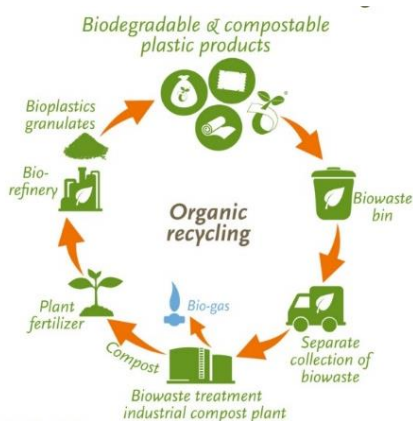


Figura 11 Bucle del Compostatge

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)

**Compostatge de productes industrials** es realitza a plantes de compostatge industrials en condicions controlades. Els bacteris o els fongs i els seus enzims, són capaços de digerir l'estructura de la cadena dels polímers compostables com a font d'alimentació en un termini de 6 a 12 setmanes.

### 1.1.5 Usos dels bioplàstics

De cada plàstic d' origen fòssil tenim el seu bioplàstic homòleg alternatiu amb les mateixes característiques i propietats (taula 8).

Taula 8 Visió general de les aplicacions d'envasat de plàstics fòssils i alternatives biobasades

Plàstic origen fòssil	Aplicació	Alternatives plàstic biobasat
PE (Polietilè)	Films i botelles	Bio-PE Mescles de midó Híbrids de midó Mescles de PLA Mescles de PLA i PHA
PP (Polipropilè)	Films, botelles i productes termoformatats	Bio-PBS Mescles de PHA Mescles de PLA Bio-PP
PS (Poliestirè)	Envasos de plàstic rígid termoformatats i foam	PLA (foam, films i envasos rígids) Celulosa (safates de pulpa) Mescles de midó
PET (Tereftalat de polietilè)	Botelles (també safates i blisters)	Bio-PET PLA PEF (en desenvolupament)

Font: Extret de (Molenveld, van den Oever, & Bos, 2015)

Com podem observar a la figura 12, que un plàstic sigui biobasat o parcialment biobasat no és garantia de biodegradabilitat però si que té un menor impacte ambiental en el seu procés de fabricació i a més són reciclables. Per altra banda observem també que alguns plàstics d' origen fòssil, o parcialment biobasats si que són biodegradables.

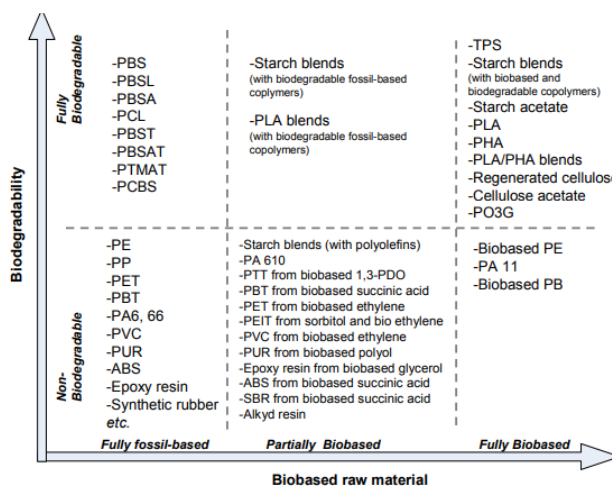


Figura 12 Classificació dels plàstics segons la seva biodegradabilitat i origen de la matèria prima

Font: Extret de (Shen, Haufe, & Patel, 2009)

Els bioplàstics cada vegada estan més presents en diferents segments de mercat degut a les seves múltiples aplicacions i propietats. Els principals segments són (NUREL, 2020) i (Bioplastics eV, European, 2020),

1. Embalatge
2. Serveis alimentaris
3. Agricultura / horticultura
4. Electrònica de consum
5. Automoció
6. Articles de consum i electrodomèstics

#### 1. Aplicacions en envasos i embalatges alimentaris:

- **Envasos flexibles alimentaris:** Bosses de verdures i hortalisses fresques, *stand-up Pouches* i *Doypacks*, proteccions per salsitxes i carn, films per segellar, bosses de pa i pastisseria, envasos per a pasta i pasta fresca.
- **Recobriments i laminats de paper:** recobriments de cel·lulosa per safates i plats, recobriments de cartró, recobriments de paper, laminats de paper.
- **Films aspecte paper:** substituït de cartró i paper en embolcalls i barquetes, envasos per a aliments frescos, forn de pa i pastisseria, làmina de base amb aspecte paper en menjar per emportar.
- **Films retràctils:** film d'embalatge retràctil per refrescs, begudes alcohòliques & multipacks de làctics, embalatge retràctil per verdures sòlides i productes alimentaris, embolcall de diferents tipus d'embalatges, incloent cartrons, caixes i mercaderia paletitzada
- **Altres aplicacions d'envasos:** embalatges per a alimentació fresca, alimentació congelada, ...etc., malles de fruites i verdures, etiquetes, solucions d'escumació.
- **Ampolles i recipients:** ampolles de lactis, ampolles de begudes, recipients per a productes fitosanitaris o béns de consum.
- **Càpsules de cafè sostenibles i articles sol ús:** càpsules de cafè i te, bosses de te, envasos de cafè.

2. Aplicacions en serveis alimentaris:

- **Materials de càtering (Articles sol ús biodegradables):** Safates, coberts, palletes, bols i plats, gots i tapes.

3. Aplicacions en Agricultura / horticultura

- **Aplicacions agrícoles biodegradables:** Encoixinats agrícoles, bosses de restes de poda i jardí, clips, guies, planters, etc., testos, tutors de plantes.

4. Aplicacions en electrònica de consum

- Carcasses d'ordinador de pantalla tàctil, altaveus forts, elements de teclat, carcasses mòbils, aspiradores o ratolí per a ordinador portàtil.

5. Aplicacions en l'automoció
















- Components resistents del tauler, que proporcionen una norma de seguretat de màxima importància en el sector del transport. Exemples: fundes de seient i airbag, així com volants. Articles de consum i electrodomèstics.

6. Aplicacions en articles de consum i electrodomèstics

- **Articles d'higiene s' un sol ús:** tovallolletes sanitàries, bolquers, roba no teixida, embalatges de productes d'higiene.
- **Objectes d' un sol ús compostables:** Articles de papereria: bolígrafs, clips, contenidors de zel, etc., articles promocionals, embalatge de maquillatge, caixes de dolços, articles d'un sol ús de salut i bellesa.
- **Biopolímers biobasats i biodegradables per extrusió de filaments:** Filaments d'impressió 3D, pols d'impressió 3D (SLS) (en procés).
- **Bosses de supermercat compostables:** bosses samarreta i bosses de compra, bosses de nansa encuny i nansa llaç, bosses de secció per a fruites i verdures, bosses de secció per a fleca i congelats, bosses en rotllo i en bloc.
- **Bosses de brossa compostable:** bosses de recollida d'orgànics, bosses de restes de poda i jardí, bosses de residus de menjar, bosses de residus canins, bosses compostables.

En les taules 9, 10, 11, 12, 13, 14 i 15 s'inclouen els principals tipus d' envasos alimentaris, el material amb el que es fabriquen, les propietats , finals de vida i aplicacions en la indústria alimentària.



















Taula 9 Diversos envasos: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària

Tipus d' envàs	Material	Propietats	Final de vida	Aplicació alimentària
Envàs de cartró 	Cartró amb pel·lícula de Bio-PE			Llet, sucs
Tap 	Bio-PE			Llet, sucs
Càpsules 	Barreja de PLA PLA estable per calor			Cafè
Copa 	PLA			logurts
Caixes per refrigeració 	Recobriments de PLA			Aliments refrigerats o congelats

Font: elaborada a partir de (Molenveld, van den Oever, & Bos, 2015)


















Taula 10 Ampolla: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària

Tipus d' envàs	Material	Propietats	Final de vida	Aplicació alimentària
Ampolla 	PLA			Llet, sucs
Ampolla 	PLA			Aigua
Ampolla 	Bio-PE			Llet, begudes de iogurt, begudes vegetals, mantega
Ampolla 	Bio-HDPE			Sucs
Ampolla 	Bio-PET			Begudes carbonatades, aigua
Ampolla 	Bio-PET			Salses










Font: elaborada a partir de (Molenveld, van den Oever, & Bos, 2015)

Taula 11 Film: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària

Tipus d' envàs	Material	Propietats	Final de vida	Aplicació alimentària
Film translúcid 	Barrejes de midó Ecovio			Fruites i vegetals
Film d' envasat amb funció de barrera 	PLA Cel·lofana			Carn i derivats, peix, formatge
Film d' envasat amb funció de barrera 	PLA Cel·lulosa PHA			Patates Chips
Film d' envasat amb funció de barrera 	Cel·lulosa			Galetes i productes de fleca, Dolços i Xocolata
Film d' envasat amb funció de barrera 	Cel·lulosa Paper PLA			Cafè







Font: elaborada a partir de (Molenveld, van den Oever, &amp; Bos, 2015)

Taula 12 Film: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària

Tipus d' envàs	Material	Propietats	Final de vida	Aplicació alimentària
Film d' envasat amb funció de barrera 	PLA			Aliments refrigerats o congelats
Film d' envasat amb funció de barrera 	TPS			Aliments refrigerats o congelats
Film d' envasat amb funció de barrera 	Laminat de Bio-PE			Salses













Font: elaborada a partir de (Molenveld, van den Oever, &amp; Bos, 2015)

Taula 13 Tapa de safata: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària

Tipus d' envàs	Material	Propietats	Final de vida	Aplicació alimentària
Tapa de safata 	PLA			Fruites i vegetals
Tapa de safata amb funció de barrera 	PLA Cel·lofana Midó			Carn i derivats, peix, formatge













Font: elaborada a partir de (Molenveld, van den Oever, &amp; Bos, 2015)

Taula 14 Safata: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària

Tipus d' envàs	Material	Propietats	Final de vida	Aplicació alimentària
Safata 	PLA Polpa (board) Paperfoam			Fruites i vegetals, ous
Safata 	PLA Polpa (board)			Carn i derivats, peix
Safata 	PLA Polpa (board) Mescles de midó			Formatge
Safata 	PLA (Biofoam) PHA			Aliments refrigerats o congelats

Font: elaborada a partir de (Molenveld, van den Oever, &amp; Bos, 2015)

Taula 15 Contenidors i caixes: material, propietats, final de vida i aplicació alimentària

Tipus d' envàs	Material	Propietats	Final de vida	Tipus aliments
Contenidors 	PLA Board			Fruites i vegetals
Contenidors 	Midó modificat			Dolços i xocolata
Contenidors transparents 	PLA			Dolços i xocolata
Caixes 	PLA			Galetes i productes de fleca

Font: elaborada a partir de (Molenveld, van den Oever, &amp; Bos, 2015)



## 1.2 Evolució i perspectives de futur dels bioplàstics

### Evolució en els darrers 20 anys

Fent una mirada a l'evolució dels bioplàstics veiem que abans del 2010 els bioplàstics estaven molt lluny poder ser comercialitzats. Tot i que els envasos bioplàstics ofereixen avantatges al medi ambient i la seva demanda era creixent, les propietats mecàniques dels bioplàstics produïts a base de midó, àcid polilàctic (PLA) i polihidroxialcanoat (PHA), no havien estat ben desenvolupades i el cost de producció era menys factible per a l'aplicació comercial (Theinsathid, Chandrachai, & Keeratipibul, 2009)

Entre els anys 2010 i 2015 les empreses del plàstic van fer esforços per començar a expandir-se en aquest sector i per aconseguir-ho van començar a fer estudis de desenvolupament de producte avaluant (Liliani, Tjahjono, & Cao, 2020),

- Aspectes mediambientals a través de l'avaluació del cicle de vida (LCA).
- Aspectes del rendiment mitjançant la comparació amb els plàstics convencionals.

A partir del 2016 i degut a la rellevància dels bioplàstics dins l'economia circular i basats en la Directiva (UE) 2018/852 en que es promou la reutilització i reciclatge dels envasos plàstics i la Directiva (UE) 2019/904 que prohibeix l'ús dels plàstics d'un sol ús i plàstics oxodegradables i promou la circularitat dels productes plàstics per tal de ser reciclats, reparats o reciclats i reduir el seu impacte mediambiental; aquests s'han anat incorporant paulatinament dins de la indústria. Pel que fa als envasos trobem que la investigació dels bioplàstics evoluciona fins a trobar les característiques desitjades en cada producte.

Com ja hem comentat, els bioplàstics poden provenir tant de recursos fòssils com de renovables però observem una creixent tendència a utilitzar els renovables.

El PLA basat en midó era el bioplàstic més utilitzat però al llarg d'aquests anys s'han desenvolupat materials bioplàstics alternatius, com ara base de cel·lulosa, basada en quitina, polihidroxialcanoat (PHA), polihidroxibutirat (PHB), poli o 3-hidroxibutirat-co-3-hidroxivalerat (PHBV).

El rendiment dels productes d'embalatge bioplàstic inclou característiques similars als plàstics convencionals (Khan, Bilal Khan Niazi, Samin, & Jahan, 2017), com ara propietats de barrera,

rigidesa i duresa, propietats reològiques, resistència, allargament, propietats antiestàtiques, imprimibilitat, propietats mecàniques, resistència a la calor (Chadha, 2011); (Dobrucka, 2019); (Khan, Bilal Khan Niazi, Samin, & Jahan, 2017); (Theinsathid, Chandrachai, & Keeratipibul, 2009).

El final de la vida dels envasos bioplàstics inclou reciclables, compostables i posa l'accent en la biodegradabilitat (Ahmed, et al., 2018); (Boesen, Bey, & Niero, 2019); (Khan, Bilal Khan Niazi, Samin, & Jahan, 2017); (Papong, et al., 2014); (Zartha Sossa, 2015); (Theinsathid, Chandrachai, & Keeratipibul, 2009).

Finalment, els envasos bioplàstics estan dissenyats per tenir un millor LCA, en comparació amb el plàstic convencional (Leejarkpai, Mungcharoen, & Suwanmanee, 2016); (Papong, et al., 2014); (Theinsathid, Chandrachai, & Keeratipibul, 2009) que també considera que l'ús de la terra competitiu en la producció d'aliments ja que els aliments són un component essencial en bioplàstics, juntament amb consideracions de seguretat i salut. (Kuzincow & Ganczewski, 2015).

Hi han alguns estudis contradictoris sobre les propietats dels bioplàstics que han dificultat el seu ús dins la indústria d'envasos.

Els problemes de l'aplicació dels bioplàstics estan relacionats amb:

1. L'ús de material renovable i el seu processament
  2. El rendiment del producte
  3. La biodegradabilitat
  4. Els efectes secundaris d'implementar una gestió sostenible per aconseguir un LCA millor.
1. L'ús de material renovable i el seu processament
    - Aquests envasos han de tenir una etiqueta addicional.
    - Els bioplàstics requereixen materials i tècniques addicionals com l'aplicació de plastificants.
  2. El rendiment del producte
    - El rendiment i la qualitat dels productes d'envasos bioplàstics estan per sota la dels plàstics convencionals basats en fòssils (Khan, Bilal Khan Niazi, Samin, & Jahan, 2017); (Theinsathid, Chandrachai, & Keeratipibul, 2009), ja que sovint no compleixen la funció desitjada i, per tant, no es poden utilitzar adequadament per a determinats productes.

- S'estan estudiant intensament les solucions per millorar aquests problemes afegint un agent de reforç o fins i tot utilitzant la nano-tecnologia (Salwa, 2019).
3. La biodegradabilitat
- Els envasos de plàstic biodegradables necessiten un tractament posterior a la instal·lació de biodegradació, per tant no es poden barrejar en el procés de reciclatge.
  - Hi ha perill de confusió dels diferents tipus de plàstic i per tant podríem afegir contaminació al procés de reciclatge perdent així els beneficis de la biodegradació.
4. Els efectes secundaris d'implementar una gestió sostenible per aconseguir un LCA millor.
- Es preveu que els envasos bioplàstics tinguin un LCA millor que els plàstics convencionals i, per tant, un producte respectuós amb el medi ambient, hauria de ser processat seguint la normativa mediambiental, considerant salut i seguretat per als humans i el medi ambient (Khan, Bilal Khan Niazi, Samin, & Jahan, 2017); (Kuzincow & Ganczewski, 2015).
  - Aquests requeriments afecten tota la cadena de subministrament i per tant encareixen al cost de producció.
  - També pot impactar en el LCA i l'impacte ambiental els processos agrícoles, la recollida de la matèria primera i la complexitat de la fabricació.

Fent una revisió dels estudis de LCA sobre la producció de bioplàstics en comparació amb els plàstics d'origen fòssil trobem que inicialment no semblava que els bioplàstics anessin a tenir un millor LCA (Yates & Barlow, 2013) però al llarg dels anys i degut a l'optimització i millores en l'eficiència del procés alguns dels estudis realitzats van mostrar que els bioplàstics podrien tenir un LCA millor però que es necessitava una investigació addicional sobre la millora i l'harmonització de la metodologia, així com el subministrament d'informació de sostenibilitat sobre els plàstics biobasats, per avaluar el potencial real en totes les seves facetes (Spierling, et al., 2018).

A dia d'avui hi ha, a nivell europeu, les Normes de la petjada ambiental del producte de la Unió Europea (EU PEF) però cap dels articles publicats compleix completament aquests estàndards pel que es troben resultats molt dispars i fa difícil la comparativa entre diferents productes i no podem treure conclusions sòlides per afirmar que els bioplàstics tenen un millor LCA i per tan són més sostenibles. S'ha proposat que s'adoptin els estàndards EU PEF més àmpliament per



homogeneïtzar els mètodes utilitzats i permetre una comparació significativa entre estudis de LCA sobre polímers basats en fòssils i biobasats i entre estudis dels mateixos polímers (Walker & Rothman, 2020).

Es degut a aquests problemes que ha sorgit la necessitat de realitzar més investigacions, en la que els fabricants d'envasos bioplàstics i els fabricants de productes han de cooperar innovant per produir envasos millors i més adequats per tal d'anar augmentant les aplicacions dels envasos bioplàstics i millorant el seu LCA.

Hi ha una intensa recerca i desenvolupament de materials alternatius i de millora de les propietats dels materials bioplàstics existents mitjançant la modificació de materials que utilitzen agents de reforç i nano-tecnologia per tal d' aconseguir una millora en els costos de producció.

### **Tendències en la producció de bioplàstics**

Si els bioplàstics s' acceptessin com a solució respectuosa pel medi ambient i es promoguessin de manera similar als biocombustibles hi hauria una taxa de creixement anual del 10 al 20%.

Si el preu del petroli augmentés significatiu també podria haver-hi un creixement dels bioplàstics.

La Directiva (UE) 2019/904 del Parlament Europeu i del Consell, del 5 de juny de 2019, relativa a la reducció de l'impacte de determinats productes de plàstic al medi ambient és vigent des del 2 de Juliol del 2019.

Els productes de plàstic d'un sol ús estan fets totalment o parcialment de plàstic i en general estan pensats per utilitzar-se sol una vegada o durant un breu període abans de ser rebutjats. Un dels principals objectius d'aquesta Directiva és reduir la quantitat de residus plàstics que generem. D'acord amb les noves normes, d'aquí a 2021 quedaran prohibits els següents productes de plàstic oxo-degradable i plàstic d'un sol ús: plats, coberts, palletes, palets de globus i bastonets de cotó. Els Estats membres han acordat arribar a un objectiu del 90% de recollida de les ampolles de plàstic, i aquestes han de tenir un contingut reciclat mínim: del 25% pel 2025 i d'un 30% pel 2030. (Consejo Europeo, 2019)

En aquesta prohibició no es reconeixen que la biodegradabilitat i l'origen biobasat, a excepció del "polímers naturals" (polimeritzats per naturalesa), siguin motius d'excepció i per tan també estan prohibits.



A més, a partir del 2020 s'han començat a desenvolupar els objectius inclosos al [Green Deal](#) (11 de Desembre 2019), entre d'altres un Pla d'Acció per a l'Economia Circular i un marc per a plàstics biodegradables biobasats i biodegradables.

Aquesta indústria emergent dels bioplàstics pot tenir un impacte econòmic en les pròximes dècades. Segons una anàlisi del mercat de treball realitzada per EuropaBio (2016), la indústria europea de bioplàstics podria assolir un fort creixement de l'ocupació. El 2013, la indústria dels bioplàstics va representar al voltant de 23.000 llocs de treball a Europa. Amb les condicions adequades del marc, aquest nombre podria augmentar més de deu fins al 2030, fins a crear fins a 300.000 llocs de treball d'alta qualificació al sector bioplàstic europeu (Bioplastics eV, European, 2020).

El volum total de producció de polímers biobasats va ser de 3,8 milions de tones, el que suposa una quota de mercat de polímers biobasats al mercat total de polímers i plàstics de l'1 %, un 3 % més que el 2018 (Chinthapalli, et al., 2019).

Com podem observar a la figura 13, el mercat dels bioplàstics va augmentant tímidament dins de tot el mercat de plàstics, des de 2008 es nota un increment major d'aquest tipus de plàstics. Això es degut com ja hem comentat que des de fa uns anys s'ha incrementat la investigació dins aquesta sector per potenciar uns plàstics molt més sostenibles. En aquests darrers anys han aparegut diversos materials biobasats amb diferents funcionalitats que van agafant poc a poc lloc dins el sector del plàstic.

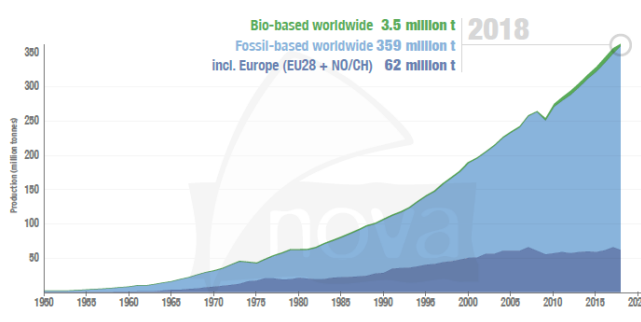


Figura 13 Producció de plàstics de 1950 a 2018

Font: Extret de (Chinthapalli, et al., 2019)

Està previst un creixement de les capacitats i la producció de polímers biobasats continuaran creixent amb una taxa de creixement anual composta prevista d'aproximadament el 3 % fins al

2024, que és gairebé la mateixa taxa de creixement prevista que en els polímers i plàstics basats en fòssils.

Del 2018 al 2019 s'ha observat un augment de la producció de:

- Poli (coetereftalat de butilè) (PBAT) a Europa.
- Resina epoxi a nivell mundial.
- Compostos de polímers que contenen midó a Europa.
- PLA i PHA que s'han esgotat.

S'ha produït i comercialitzat per primera vegada al 2019:

- Succinat de polibutilè i copolímers (PBS (X)), polietilè biobasat (PE) i polipropilè (PP)

També s'ha observat una disminució del PET biobasat.

Com podem observar a la figura 14, la tendència cap al 2024 que veiem es un augment significatiu en la producció de biobasats (Bioplastics eV, European , 2020):

- **Resines epoxi**
- **PP** , degut a la seva gran diversitat d'aplicacions en diferents sectors.
- **PHA (Polihidroxicanoats)** ja que són polièsters 100% biològics i biodegradables i presenten una àmplia gamma de propietats físiques i mecàniques depenent de la seva composició química.
- **PEF (polietilè furanoat)**, un nou polímer que s'espera que entri al mercat el 2023. Aquest producte presenta propietats tèrmiques i de barrera addicionals, cosa que el converteix en un material ideal per a l'envasament de begudes, aliments i productes no alimentaris.

En menor grau també augmentarà la producció de:

- **PA (poliamides biobasades)**
- **PE (polietilè biobasat)**
- **PLA (àcid polilàctic)**

Per contrapartida hi ha alguns materials que ens disminuiran la seva producció:

- **PET** ja que el PEF és comparable al PET, amb la diferència que el PEF és totalment biobasat (100 %) i té les propietats addicionals abans esmentades, de forma que l'anirà substituint.

Igualment observem que malgrat que augmenta la producció de bioplàstics no augmenta el percentatge del plàstics biodegradables i es manté al voltant del 55 %.

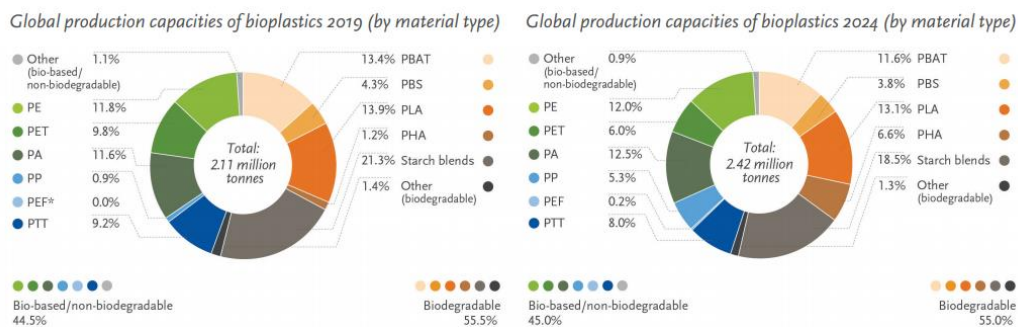


Figura 14 Capacitats de producció global de bioplàstics al 2019 i al 2024 (per tipus de material)

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)

Aquest augment significatiu dels bioplàstics fa plantejar-se la importància de la necessitat de la biomassa com a matèria prima.

Com veiem a la figura 15 els sòls destinats al cultiu de matèries primeres renovables per a la producció de bioplàstics ha ascendit a aproximadament 0,79 milions d'hectàrees el 2019.

Això suposa menys del 0,02 % de la superfície agrícola global de 4.8 bilions d'hectàrees, el 97 % de les quals es van utilitzar per pastures, pinsos i aliments. Malgrat el creixement del mercat previst en els propers cinc anys, la quota d'ús del sòl per als bioplàstics es mantindrà al voltant del 0,02 %.

Si bé en l'actualitat només una mica més del 0,01 % de la massa la terra cultivable s'utilitza per al cultiu de les matèries primeres utilitzades per als bioplàstics, la substitució de tots els plàstics amb bioplàstics requeriria l'ús d'un 7 % de la terra cultivable a nivell mundial (Geueke, 2014).

Això ens indica clarament que actualment no hi ha competència entre la matèria primeres renovables d'aliments o pinsos i la producció de bioplàstics.

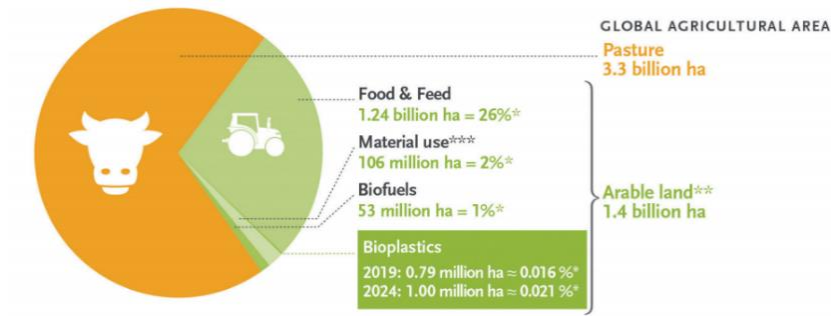


Figura 15 Àrea Global d'agricultura

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)

Aquest fet però limita el percentatge de bioplàstic utilitzat pels diferents productes i la seva producció ja que es necessita molta biomassa per produir els polímers biobasats i l'accés a la biomassa ara per ara està limitat.

Com veiem a la figura 16 es necessiten 5 milions de tones de biomassa per produir 3,6 milions de tones de bioplàstics (completament i parcialment biobasats, excloent els PBAT i PBS biodegradables basats en fòssils) dels quals només 1.6 milions de tones dels polímers són completament biobasades (43%).

Es necessitaria el triple de matèria primera que la que s'utilitza per a la formació de productes completament biobasats. És un procés poc eficient ja que es necessita una alta quantitat de matèria primera agrícola de la qual no se'n pot disposar.

5.0 Mt Biomass Feedstock for 3.6\* Mt Bio-based Polymers (with a 43% bio-based share) in 2019 – worldwide

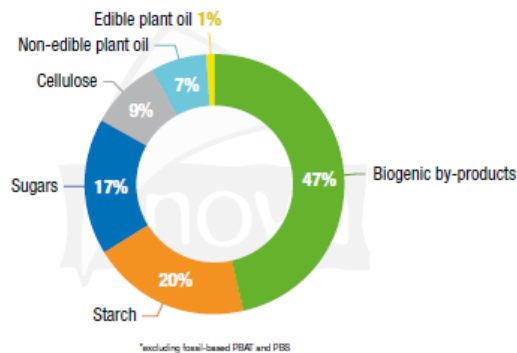


Figura 16 Requeriment mundial de biomassa per a la producció de polímers biobasats el 2019

Font: Extret de (Chinthapalli, et al., 2019)

La manca de suport polític i uns preus del cru baixos dificulten el creixement d'aquest tipus d'indústria per realitzar bioplàstics totalment sostenibles.

Com observem a la figura 17 el líder en la producció de polímers biobasats al mon és Àsia amb un 45 %, tot seguit d'Europa amb un 26 %, i finalment Amèrica del Nord amb un 18 % i del Sud amb un 10%.

L'evolució cap al 2024 és un creixement a Europa fins al 31% degut a que s'incrementaran les capacitats de producció de polímers de PE, PP, PA, PHA, PEF i els recentment afegits de caseïna que només es produeixen aquí. A la resta de regions es mantindrà la capacitat de producció però quedarà proporcionalment inferior.

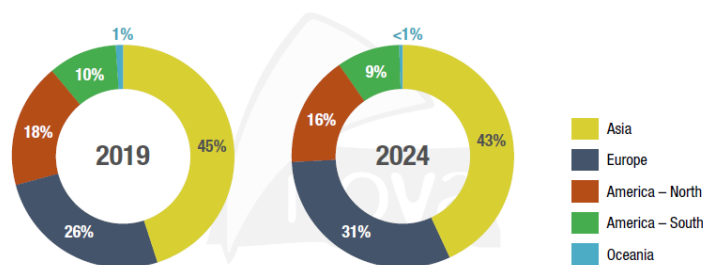


Figura 17 Capacitats de producció global de polímers biobasats per regió el 2019 i el 2024 (excloent la cel·lulosa, acetat, resines epoxi i poliuretà)

Font: Extret de (Chinthapalli, et al., 2019)

Pel que fa a les aplicacions dels polímers biobasats són múltiples i molt variades. A la figura 18 observem que el sector d'envasos i embalatges ocupa el major gran volum de la producció dels bioplàstics. Igualment observem un clar increment pel 2024 de la capacitat productiva dels productes de consum i bioplàstics per revestiments i adhesius.

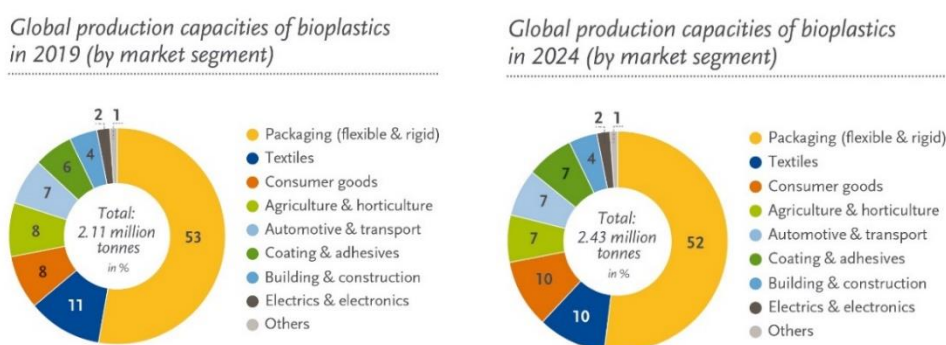


Figura 18 Capacitats globals de producció de Bioplàstics el 2019 i el 2024 (per segment de mercat)

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)

Si profunditzem una mica més en el tipus de materials dels envasos alimentaris i productes de consum observem a la figura 19 que es pronostica un augment significatiu en l'ús de PHA, PE i PP i la introducció del PEF. Així mateix trobem una disminució del PET.

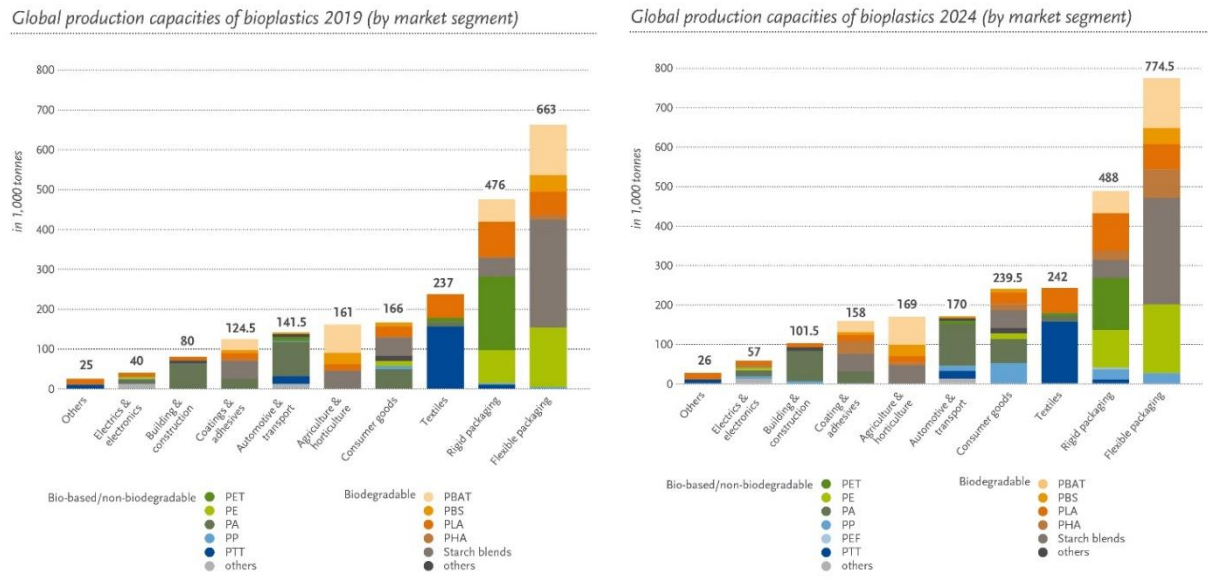


Figura 19 Capacitats globals de producció de Bioplàstics el 2019 i el 2024 (per segment de mercat i tipus de bioplàstic)

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)

Si analitzem el percentatge de bioplàstics biodegradables dins els diferents sectors veiem a la figura 20 que el sector on més s'utilitzen és en el sector d'envasos i embalatges tan rígids com flexibles. Igualment, com es veia a la figura 19, s'utilitzen més o menys igual els biodegradables com els que no ho són.

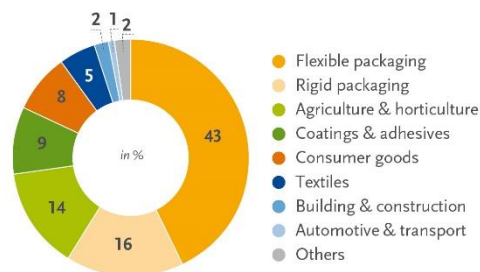


Figura 20 Plàstics biodegradables (per segment de mercat) 2019

Font: Extret de (Bioplastics eV, European, 2020)



## **Tendències dels grans grups empresarials del sector alimentari vers la sostenibilitat dels envasos alimentaris**

Pel que fa al paper de les grans empreses vers l'ús dels plàstics hem trobat els següents objectius de cara al 2025 a (PEPSICO FOODS, 2020), (NESTLÉ ESPAÑA, 2020), (Coca-Cola Iberia, 2020), (Unilever, 2020), (Danone España, Nutricia Advanced, Medical Nutrition, Aguas Danone España, Danone Early Life Nutrition, 2018), (Danone SA, 2020), (Mars, Incorporated, 2020), (Mondelēz International, 2020), (Mondelēz International, 2019), (General Mills, 2020), (KELLOGG Company, 2020) :

- Dissenyar el 100% dels envasos perquè siguin reciclables, compostables o biodegradables.
- Incrementar el percentatge del contingut de material reciclat i/o biobasat als envasos.
- Reduir el percentatge del contingut de plàstic d'origen fòssil als envasos.
- Invertir en mercats clau para augmentar les taxes de reciclatge.
- Suprimir o canviar les combinacions de materials d'emalatge difícils de reciclar.
- Ajudar a recollir i processar més envasos de plàstic.
- Reduir la quantitat de capes innecessàries de plàstics i altres materials a envasos secundaris i terciaris.
- Promoure la innovació en nous materials bioplàstics.
- Reciclar les ampolles de PET del fons marí.
- Utilitzar la capacitat d'arribada de les marques per sensibilitzar en matèria de reciclatge.
- Eliminar el PVC.

En funció del grup multinacional, s'opta per unes o altres.

N'hi han algunes empreses que estan més interessades en la innovació de nous materials com poden ser The Coca-Cola Co. amb els seu projecte de The Plant Bottle on es treballa per fer envasos biobasats compostables o en el projecte de reciclatge de Ioniqa Technologies i Indorama Ventures on es promou la recuperació de plàstics del fons marí i posterior utilització per fer noves ampolles de rPET.

Altres grans marques com Danone, Nestlé Waters, PepsiCo i Origin Materials també estan treballant en projectes més sostenibles com la NaturAll Bottle Alliance o inclús en el projecte per recuperar els plàstics del fons marí.



També hi han empreses , com és el cas de General Mills o Kellogg's, que volen introduir materials biodegradables més sostenibles com poden ser per exemple fibres vegetals o fusta en substitució dels plàstics.

En canvi n'hi han altres més conservadores, com poden ser Mondelez, Mars, i/o Unilever, que prefereixen només centrar-se en fer envasos reciclables, utilitzar plàstics reciclats i reduir la quantitat innecessària de plàstics.

## Situació de la gestió mediambiental

### Exportacions de residus plàstics

Segons s'explica a diferents articles, els residus plàstics han estat durant molts anys sent exportats a països amb una pobre gestió de residus (Dell, 2019); (Eurostat, 2020); (FINANZ.DK, 2019); (European Environment Agency, 2019).

L'importador més gran ha estat sempre la Xina però a finals del 2017 la Xina va començar a adoptar una sèrie de mesures restrictives a la importació de residus només acceptant residus plàstics no reciclables amb una contaminació inferior al 0,5 % per minimitzar l'exposició dels treballadors de les incineradores i abocadors a productes químics perillosos i evitant així la contaminació de l'aire, la terra i el mar.

Això va provocar que Europa i Estats Units reduïssin les exportacions a la Xina i canviessin la destinació cap a altres països asiàtics i Turquia com podem veure a les figures 21 i 22 però al 2019 molts d'aquest països van començar a aplicar també restriccions per aquest tipus de residus.

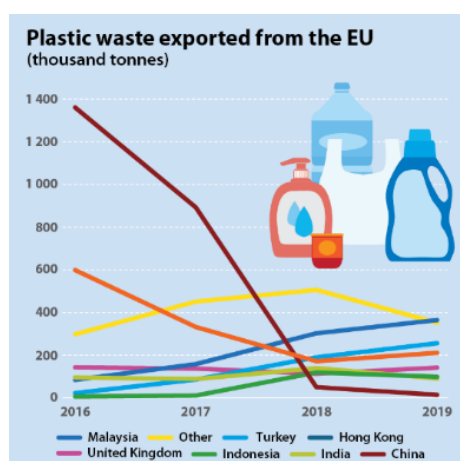


Figura 21 Residus plàstics exportats de la UE

Font: Extret de (Eurostat, 2020)

### U.S. plastic scrap exports to Asia

As China tightened limits on scrap exports, the United States diverted waste to other Asian nations. Now, however, these countries are starting to refuse scrap exports.

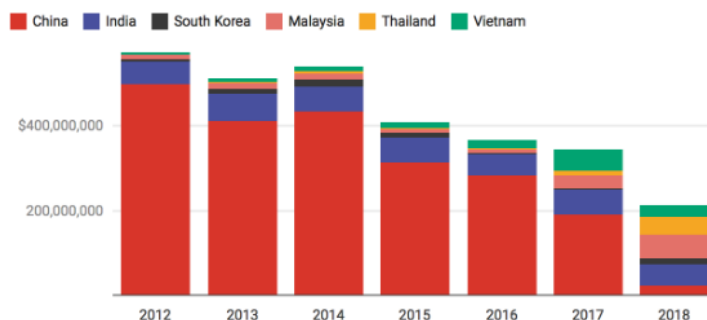


Figura 22 Residus plàstics d'EEUU exportats a Àsia

Font: Extret de (FINANZ.DK, 2019)

La disminució de les exportacions de residus plàstics és tradueix en un augment de la incineració i l'abocament a terra a curt termini, a causa de la manca actual de capacitat per augmentar el reciclatge i la reutilització tant a la UE i Estats Units, però aquests sistemes tenen un greu impacte ambiental i climàtic (Arkin, 2019). A aquesta problemàtica se li suma la previsió de l'increment de la producció industrial de plàstic en un 40 % per la propera dècada.

És per tot això que s'han de trobar maneres circulars i respectuoses del clima per gestionar els seus residus plàstics, per exemple, augmentant la reutilització i el reciclatge.

### Gestió de residus plàstics a UE28+NO/CH i Espanya

Pel que fa a la gestió dels envasos plàstics observem a la figura 23 com les dues darreres dècades la tendència europea de gestió dels envasos plàstics ha sigut un creixement del reciclatge i de la recuperació energètica i una disminució de l'ús d'abocadors (Europe, Plastics, 2019). En els darrers anys observem com el descens d'abocadors s'ha estabilitzat degut a les restriccions de la Xina. Observem també un augment en la recollida de residus d'envasos plàstics post-consum.

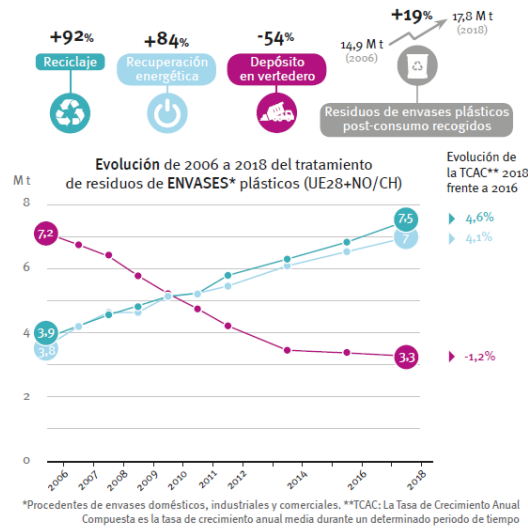


Figura 23 Evolució del 2006 a 2018 del tractament de residus d' Envasos plàstics a UE28+NO/CH

Font: Extret de (Europe, Plastics, 2019)

Pel que fa a Espanya, observem a la figura 24 un increment del reciclatge però cal resaltar que el creixement de la recuperació energètica, és a dir, incineració, no és la opció de gestió ambiental preferida. L'ús dels abocadors, al igual que a Europa, també s'ha estabilitzat. A Espanya observem un petit increment només de l'1% en la recollida de residus d'envasos plàstics post-consum.

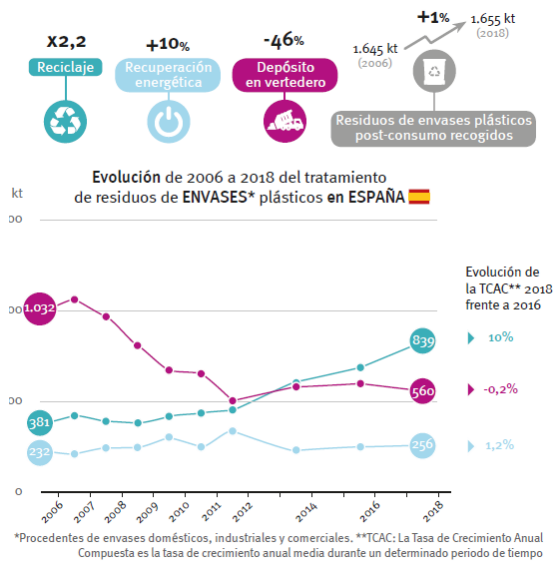


Figura 24 Evolució del 2006 a 2018 del tractament de residus d' Envasos plàstics a Espanya

Font: Extret de (Europe, Plastics, 2019)



Pel que fa al tractament dels residus d’envasos observem a les figures 25 i 26 que el percentatge de reciclatge a Espanya està per sobre de la mitjana europea. En quant a la recuperació energètica estem a un nivell bastant inferior ja que a Espanya hi han polítiques més severes per minimitzar l’emissió de gasos d’efecte hivernacle. Pel que fa als abocadors, trobem que estem en un nivell bastant superior a la mitjana europea. L’ús dels abocadors no ben gestionats té els problemes de dispersió de gasos i lixiviats que poden provocar incendis, explosions o contaminar l’aire, terra i aigua (Guallar, Rosa, 2014).

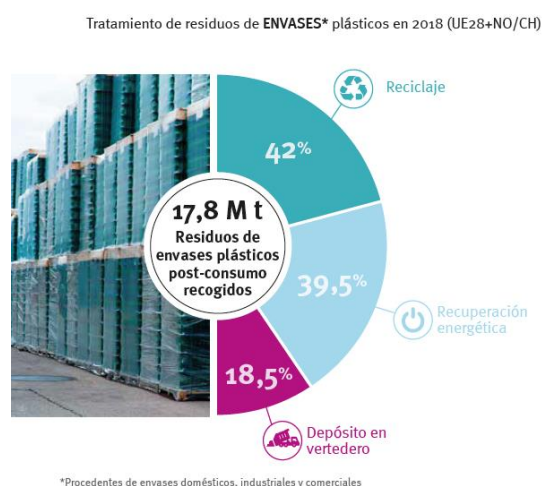


Figura 25 Tractament de residus d’ Envasos plàstics el 2018 a UE28+NO/CH

Font: Extret de (Europe, Plastics, 2019)

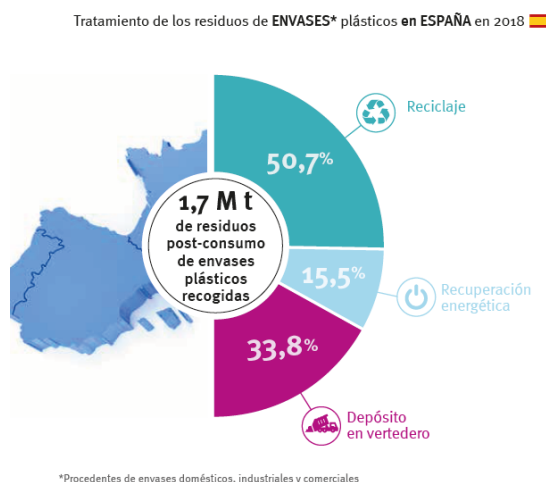


Figura 26 Tractament de residus d’ Envasos plàstics el 2018 a Espanya

Font: Extret de (Europe, Plastics, 2019)

Finalment, es pot veure a la figura 27 que dins la UE, Espanya és el segon país que més recicla envasos plàstics.

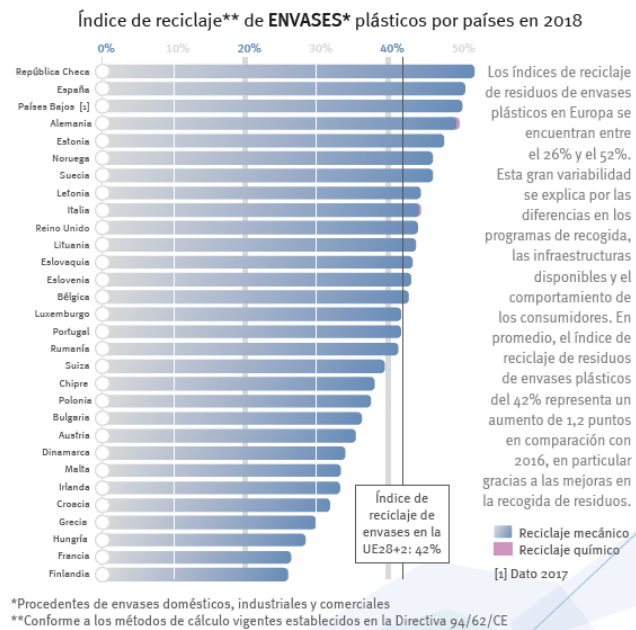


Figura 27 Índex de reciclatge d'Envasos plàstics per països el 2018

Font: Extret de (Europe, Plastics, 2019)

### Gestió de residus plàstics a EEUU

A la figura 28 es mostra que als Estats Units l'any 2015 menys del 10 % dels plàstics van ser reciclats, un 15 % van ser cremats a les instal·lacions energètiques i el 75 % restant es va destinar a abocadors (O'Neill, 2018).

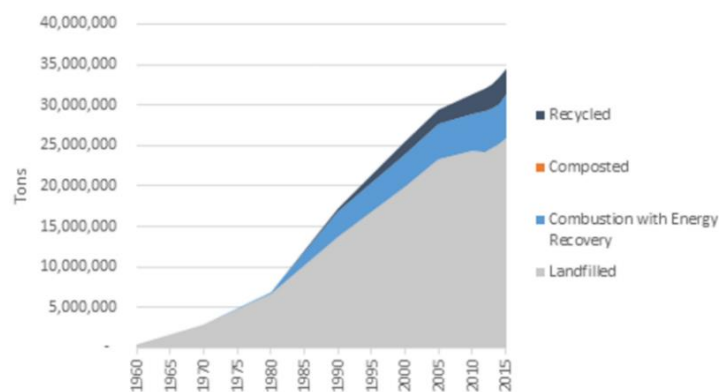


Figura 28 Gestió dels residus plàstics de 1960-2015 a EEUU

Font: Extret de (O'Neill, 2018)

Degut a la situació de les restriccions de la Xina, els EEUU es van tenir que plantejar les següents opcions:

- Millorar el reciclatge de plàstics. Per fer-ho s'ha d'invertir a gran escala per actualitzar les instal·lacions de reciclatge de materials i l'ampliació dels mercats nacionals.
- Promoure que els productors comprin i utilitzin plàstic reciclat.
- Augmentar la incineració de residus a energies. Aquesta opció té una profunda oposició social; és per això que s'han de desenvolupar formes més noves i netes de convertir els plàstics en energia.
- Millorar la gestió dels abocadors.

Derivat de tot això, s'està creant una legislació que prohibiria alguns plàstics d'un sol ús i faria que les empreses productores d'aquests es fessin responsables del finançament i gestió dels programes de reciclatge i residus (Barret, 2020). A més, diferents legisladors estan treballant per presentar solucions integrals a la problemàtica dels plàstics i millorar la infraestructura de reciclatge de plàstic del país (Barrett, 2019).

### **El Compostatge industrial**

Desgraciadament al món es produeix moltes tones de residus plàstics de les quals només un 9 % aproximadament es recicla amb èxit. Molts envasos alimentaris contenen altres matèries que fan impossible reciclar-los. És per això que aquests acaben la majoria incinerats, enviats a un abocador o a entorns naturals.

És important ressaltar que el reciclatge no és un procés interminable: els envasos reciclables només es poden reciclar una o dues vegades, cosa que significa que el reciclatge només retarda la eliminació o incineració eventual. (Nissenbaum, 2020)

Degut a aquesta problemàtica com hem pogut veure grans empreses productores de plàstic i grans holdings alimentaris estan ja fa temps treballant en la incorporació d'envasos biodegradables i compostables. La gestió d'aquest tipus d'envasos biodegradables i compostables s'hauria de fer en plantes de compostatge industrial junt als residus orgànics. Trobem però que actualment una de les problemàtiques que hi han és que hi han poques les plantes de compostatge adequades i moltes vegades aquest tipus de residus acaben a abocadors o incinerats.

Tal i com està explicat a (ECN, 2020) les avantatges del compostatge són:

- La producció de compost; que és relativament fàcil i rendible aplicar-la a nivell local, regional o supraregional.
- Es pot complementar amb la producció de biogàs, és a dir, a través de processos de digestió anaeròbica, si es disposa de matèries orgàniques amb alt potencial de biogàs, augmentant el valor econòmic generat per tona de residus biològics.
- Es podrien crear biorefineries amb noves tecnologies en què els residus biològics servarien com a font de productes químics, fibres i nutrients biobasats.
- Un percentatge limitat de residus biològics heterogenis serien adequats tècnicament per a la producció de productes d'alt valor com bioplàstics, materials bioquímics i biològics. La resta de residus orgànics respectivament es convertiran en productes de compost i digestió, tancant així els cicles biològics i millorant la qualitat i la salut del sòl.

Tot i això, la realitat és que ens trobem amb problemes en el tractament post-ús. Hi ha tres problemes principals amb el compostatge (Kawashima, 2019):

- Recollida i ordenació de materials biodegradables.
- Qualitat del compost final per satisfer l'acceptació del públic.
- Nombre d'instal·lacions per acollir els residus.

Les solucions a aquests problemes són:

1. Tenir un sistema de gestió mediambiental robust i adequat per poder gestionar els residus com a compostatge segons el seu ús, ja sigui domèstic o industrial.
2. Canvis d'educació, culturals i de comportament per promoure la correcta recollida i ordenació de la brossa. A més de la conscienciació de que amb l'ús de bioplàstics biobasats es redueixen els gasos d'efecte hivernacle.
3. Canvis en matèries primeres i desenvolupament de processos de producció per reduir encara més la càrrega mediambiental.
4. Implantació de plantes de compostatge per assumir els residus bioplàstics.

### 1.3 Estudis de recerca publicats en els darrers anys

He analitzat el creixement dels estudis realitzats sobre els bioplàstics al llarg d'aquests darrers 20 anys i la figura 29 mostra com aquest és exponencial.

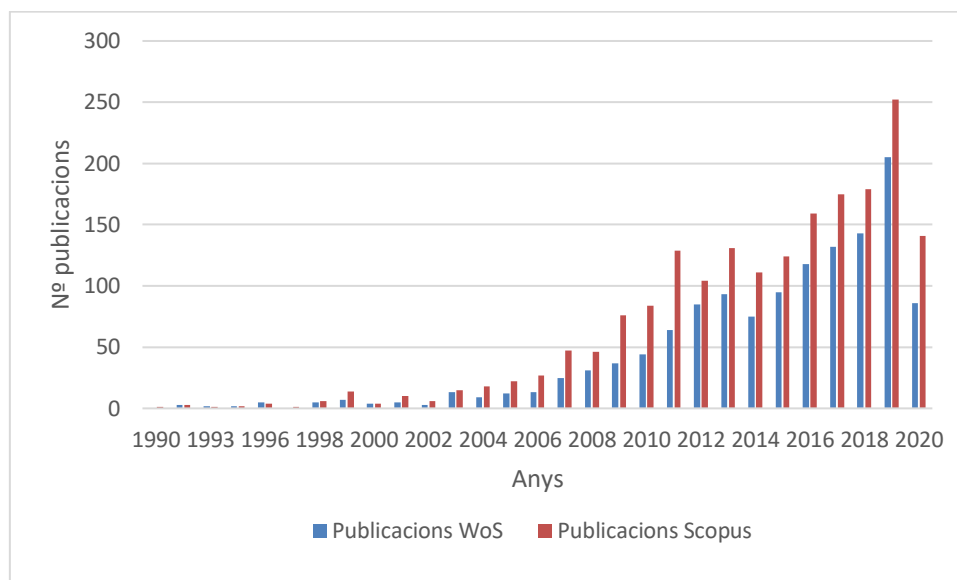


Figura 29 Evolució del nombre de publicacions sobre Bioplàstics en els darrers 20 anys

Font: Elaboració pròpia

Revisant els articles publicats els darrers 20 anys observem que no va ser fins finals dels anys 90 i principis del 2000 que es van començar a fer estudis sobre la fabricació de bioplàstics per algunes aplicacions com recubriments en envasos de cartró i aplicacions agrícoles, però també es va investigar en com recuperar els residus industrials alimentaris per poder produir alguns tipus de bioplàstics com els PHA i les diferents tecnologies o maneres d'obtenir-los bàsicament a través d'enzims i microorganismes.

Es van començar a estudiar les propietats del bioplàstics i per primera vegada es va plantejar la idea de l'obtenció de bioplàstics a partir de plantes transgèniques.

En la primera dècada del segle XXI es va anar investigant a fons les tecnologies per obtenir els bioplàstics, les seves propietats i noves fonts renovables per obtenir nous bioplàstics adaptats a la indústria alimentària.

El 2008 l'empresa Braskem, principal productor petroquímic i de plàstics a Amèrica Llatina, va començar a produir bioplàstics basats en l'etanol de la canya de sucre.



Durant aquesta dècada a més es van introduir la necessitat de bioplàstics amb diferents propietats termomecàniques i propietats de barrera que garantisin la vida útil de certs aliments i és per això que es van introduir els nanomaterials dins el seu procés de producció.

La segona dècada del segle XXI fins a dia d'avui s'ha vist marcada pels estudis de millora de processos d'obtenció de bioplàstics, reducció dels seus costos i estudis del seu impacte en el mediambient.

S'ha promogut l'ús de bioplàstics per aconseguir una economia circular i s'han anat incrementant les noves aplicacions com poden ser el tèxtils, impressions 3D...etc.

A més s'ha seguit treballant en trobar noves fonts renovables com poder ser les algues de les aigües residuals, noves fibres vegetals, col·lagen marí, residus aquàtics, goma aràbiga, residus alimentaris...etc.

Actualment està en desenvolupament en PEF (Furanoat de polietilè) com a futur substitut del PET ja que té millors funcions de barrera, es podrien reciclar petites quantitats de PEF juntament amb PET i les seves futures aplicacions seran ampolles, fibres, pel·lícules. És un material 100 % biobasat i és molt més econòmic que el PET 100% biobasat.

Com hem vist anteriorment una de les tasques pendents dels bioplàstics és fer estudis comparatius seguint les Normes de la petjada ambiental del producte de la Unió Europea (EU PEF) per tal de comprovar si realment els bioplàstics són realment més sostenibles i tenen un millor LCA que els plàstics convencionals.

## 1.4 Exemples de productes de mercat amb envasos bioplàstics

He fet un estudi en el mercat centrat en els envasos alimentaris que utilitzen bioplàstics per veure quines tendències tenen les incorporacions d' aquest tipus de materials en el mercat i el seu final de vida. Els resultats dels exemples emprats a data d'avui es mostren de la taula 16 a la 24.

Com podem observar a les taules s' han fet les taules segons les seves aplicacions en envasos i embalatges alimentaris:

- Envasos flexibles alimentaris
- Recobriments i laminats de paper
- Films aspecte paper
- Recipients per a béns de consum
- Altres aplicacions d'envasos
- Ampolles
- Càpsules de cafè sostenibles i articles sol ús

Pel que respecta al envasos flexibles alimentaris i tal i com podem observar a les taules 16 i 17 estan quasi tots dissenyats amb materials biobasats compostables a excepció de l' Stand-up Pouche de Bio-PE que només admet com a destí final el reciclatge. Cal destacar que aquests envasos compostables no estan integrats dins de tota la gamma de les marques mostrades sinó que formen part de les línies de productes ecològics incrementant-ne així el seu valor afegit i també el seu preu ja que el cost de l' envàs també és superior.

En referència al recobriments i laminats de paper mostrats a la taula 18 observem que la indústria de la llet i sucs usuaris dels del envasos de cartró està patint una autèntica transformació en els materials emprats ja que s' estan substituint els plàstics convencionals dels recobriments per altres biobasats. La dificultat del reciclatge d' aquest tipus d' envasos fa que els recobriments i laminats s' hagin d' acabar incinerant però al introduir els materials biobasats fan que es redueixi molt la seva càrrega mediambiental emetent una menor quantitat de gasos d' efecte hivernacle.

Hem trobat pocs exemples de films de paper que els podem veure a la taula 19. Aquests envasos petits de productes d' ús diari estan produïts amb materials compostables que a dia d' avui encara només es separen i entren en els circuits de reciclatge convencionals de plàstic però que és podrien dur a compostatge amb la brossa orgànica pel seu petit volum.



Pel que respecte a altres recipients de consum hem trobat els envasos de iogurts d'Activia de Danone que són compostables. Aquests tipus d' envasos fets a partir de blat de moro transgènic han generat molta polèmica al món ecologista el qual ha denunciat la publicitat enganyosa per vendre'l com a envàs ecològic quan no ho és ja que no es composta. El que si podem garantir és que la seva emissió de gasos és inferior al ser un envàs biobasat.

Les safates de Plantic de les caixes de bombons de Marks & Spencer's són compostables i triguen tres setmanes a desintegrar-se completament. Si la safata es posa sota aigua, es desintegra en minuts. Això pot ser una autèntica revolució en els envasos de confiteria i per s' està estudiant el seu potencial.

A les taules 21 i 22 hi han reflexades altres aplicacions de bioplàstics en envasos alimentaris que són la gran majoria compostables.

A la taula 21 observem un altre cop com els exemples per alimentació congelada i embalatges d' alimentació fresca corresponen a una línia de productes més ecològics o de proximitat.

Només hi ha un únic exemple (Precious stickers de Galbani) en que l' envàs és parcialment biobasat i la resta de plàstic convencional; i per tant aquest envàs només serà reciclable.

Un altre exemple que té molt preocupades a les grans cerveseres i marques de refrescs són les anelles dels packs de llaunes degut a que els animals marins, des d' aus a mamífers, no només es veuen afectats pel risc de quedar-se atrapats abans que les anelles es degradin, sinó també per ingerir partícules de plàstic de mides microscòpiques que poden fer que es morin de fam a l'acumular-se els seus tractes digestius. És per això que s' han trobat alternatives biobasades que són biodegradables i compostables però a més hi ha l' alternativa de Saltwater Brewery en que les anelles són comestibles i per tant no suposaran un perjudici; sinó un benefici pel medi marí.

A la taula 22 hi han exemples de malles i etiquetes compostables, aquests són una línia compostable que té aquesta marca ja que la resta són amb plàstics convencionals.

Pel que respecte a les ampolles reflectides a la taula 23 observem que només l' envàs la de la marca Asens és compostable ja que està produït totalment amb material biobasat provinent de la canya de sucre. La resta d' ampolles formen part dels projectes de l'm green de Braskem i PlantBottle que treballen per aconseguir fer envasos 100% biobasats. A dia d' avui aquests envasos només són reciclables.





Per últim tenim la taula 24 els exemples de càpsules de cafè sostenibles i articles sol ús. Avui dia és habitual trobar al supermercat la substitució de les càpsules d' alumini per aquestes de PLA compostable que fan molt fàcil el seu compostatge ja que es poden dipositar a la brossa orgànica i aquesta anirà a plantes de compostatge industrial fent un òptim final de vida.

També trobem que hi ha algú envàs de cafè formats per làmines biobasades i compostables. Aquestes podrien posar-se també a la brossa orgànica per a ser compostades.











Taula 16 Envasos flexibles alimentaris

Tipus d' envàs	Material / Marca comercial	Destí final	Exemples de mercat
Bosses de fruites verdures i hortalisses fresques	Material vegetal Marca comercial: Waitrose Duchy (envàs de Tipa Corp.)	Compostatge	
Doypacks	Material vegetal Marca comercial: The Happy Pear (envàs de Tipa Corp.)	Compostatge	
Stand-up Pouches	Bio-PE Marca comercial: erdbär (envàs de Gualapack)	Reciclatge	
Films per segellar	PHA ( resines Danimer 24365B i Danimer 01112)  Marca comercial: Lays Artesanas de Pepsico®(envàs de Danimer Scientific)	Compostatge	




Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)

Taula 17 Envasos flexibles alimentaris

Tipus d' envàs	Material / Marca comercial	Destí final	Exemples de mercat
Films per segellar	Làmina feta de matèries primeres renovables (canya de sucre i cel·lulosa) Marques comercials: Trafo, Meesters Van de Halm (envàs de Bio4Pack )	Compostatge	
Films per segellar	Capa superior fabricada amb NatureFlex (tm) NE30, pel·lícula basada en polpa de fusta de Innovia Films. Capa interior està fabricada amb Mater-Bi NF10U de Novamont ( <a href="http://www.materbi.com">www.materbi.com</a> ) Marca comercial: Cereals orgànics de Jordan's	Compostatge	
Films per segellar	Midó de residus de patates Marca comercial: Snickers de Mars (envàs de Taghleef Industries)	Compostatge	
Envasos per a pasta	Làmina feta de matèries primeres renovables (canya de sucre i cel·lulosa) Marca comercial: Sun Organic (envàs de Bio4Pack)	Compostatge	
Bosses de pà	Envàs compostable Marca comercial: Bimbo Vital (envàs de Tipa Corp.)	Compostatge	
Pastisseria	Embalatge compostable compost per un folre interior de cel·lulosa de dues capes amb un embolcall de paper fet de residus agrícoles (PaperWise) a l'exterior. Marca comercial: Van Eigen Deeg (envàs de Bio4Pack)	Compostatge	

Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)



Taula 18 Recobriments i laminats de paper

Tipus d' envàs	Material / Marca comercial	Destí final	Exemples de mercat
Recobriments de cartró	<p>Els nous tancaments dels paquets estan parcialment fabricats amb plàstics derivats de material vegetal (canya de sucre). El cartró estan fets amb més d'un 80% de matèries primeres vegetals.</p> <p>Marca comercial: Woodlands Dairy (envàs de ESL (Nampak))</p>	Reciclatge	
Recobriments de cartró	<p>Film laminat i coll de l'obertura fet de polietilè de baixa densitat derivat de la canya de sucre.</p> <p>Tap de polietilè d'alta densitat també derivat de la canya de sucre.</p> <p>Marca comercial: Brownes Dairy (envàs de Tetra Rex Bio)</p>	Reciclatge	
Recobriments de cartró	<p>L' envàs incorpora el polietilè verd (derivat de la canya de sucre) tant a la tapa i dues de les sis capes de l'envàs, per la qual cosa ara té el 82% de material de fonts renovables.</p> <p>Marca comercial: La Chiricana, Mimosa, Pascual (envàs Tetra Brik® 1000 Aseptic Edge biobasat)</p>	Reciclatge	

Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)





Taula 19 Films aspecte paper

Tipus d' envàs	Material / Marca comercial	Destí final	Exemples de mercat
Làmina de base amb aspecte paper en menjar per emportar	Envàs laminat, BBII80, que utilitza la pel·lícula compostable de la cel·lulosa NatureFlex™ NK Matt com a capa exterior. La integritat del segell es garanteix mitjançant l'ús d'una pel·lícula Bio-PE renovable. Marca comercial: Sapana Delivars d' Aardse Droom (envàs d' Innovia Films)	Compostatge	
Film per productes de fleca, refrigeri i rebosteria	Pel·lícula fabricada amb resines biològiques PLA biodegradable i segellable al calor. Marca comercial: EBGloss de Signature (envàs de Nativia)	Compostatge	








Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)

Taula 20 Recipients per a béns de consum

Tipus d' envàs	Material / Marca comercial	Destí final	Exemples de mercat
Envàs de iogurt	PLA (de blat de moro transgènic) Marca comercial: Activida de Danone (envàs de NatureWorks)	Compostatge	
Safata interior	Safata interior està feta amb material biobasat (midó de blat de moro alt en amilosa) biodegradable. Marca comercial: Marks & Spencer (envàs de Plantic)	Compostatge	




Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)

Taula 21 Altres aplicacions d'envasos

Tipus d' envàs	Material / Marca comercial	Destí final	Exemples de mercat
Alimentació congelada	Film format per tres capes fabricat amb Bio-Flex F 2110 / Bio-Flex A 4100 CL / Bio-Flex F 2110 (PLA i altres materials biodegradables). Aquesta pel·lícula té una gran resistència química i unes bones propietats de barrera. Marca comercial: Mc Cain (envàs de FKUR)	Compostatge	
Anelles de packs de 6	Fabricades amb fibres biodegradables basades en plantes, amb una barreja de residus de subproductes i materials compostables. Marca comercial: Carlsberg	Compostatge	
Anelles de packs de 6	Fetes amb productes subproductes del procés de fabricació de la cervesa (blat i ordi). Aquestes anelles són comestibles suposant un gran benefici pel medi marí. Marca comercial: Saltwater Brewery	Compostatge	
Embalatges per a alimentació fresca	Envàs biobasat en un 50% per PLA; la capa exterior està format per plàstic basat en petroli. Marca comercial: Precious stickers de Galbani	Reciclatge	
Embalatges per a alimentació fresca	Envàs fabricat amb polpa d'arbre amb una textura biolaminada similar al cartró. Marca comercial: Waitrose & Partners (envàs de Huhtamaki)	Compostatge	
Embalatges per a alimentació fresca	PLA Marca comercial: cadenes de supermercats SuperUnie i EkoPlaza (envàs de Bio4Pack)	Compostatge	
Embalatges per a alimentació fresca	Envàs compostable fabricat amb material vegetal. Marca comercial: The Happy Pear	Compostatge	






Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)

Taula 22 Altres aplicacions d'envasos

Tipus d' envàs	Material	Destí final	Exemples de mercat
Malles de fruites i verdures	Malla de cel·lulosa i etiqueta d' una barreja de paper i PLA. Marca comercial: Giró	Compostatge	
Malles de fruites i verdures	Formada per una malla Bioflex (barreja de PLA i PBAT) i un film (barreja de PLA, PBAT i paper). Marca comercial: Giró	Compostatge	
Etiquetes	Barreja de paper i PLA. Marca comercial: Giró	Compostatge	

Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)

Taula 23 Ampolles

Tipus d' envàs	Material	Destí final	Exemples de mercat
Ampolles de lactis	Ampolla fabricada amb un biopolímer produït a partir de canya de sucre. Marca comercial: Asens	Compostatge	
Ampolles de begudes	Envàs format per un 80% de polietilè de Sugarcane l'm green™ Marca comercial: Iogurt Activia i beguda vegetal So delicious de Danone (envàs de Braskem)	Reciclatge	
Ampolles de begudes	Envàs fabricat amb la resina bio-PET amb un 30% de materials vegetals (bio-MEG) i 70 % de TPA. Marques comercials: The Coca-Cola Co. i Heinz	Reciclatge	
Ampolles de begudes	Envàs fabricat amb plàstic HDPE creat només amb l'etilè derivat d'etanol 100% renovable basat en canya de sucre. Marca comercial: Odwalla	Reciclatge	
Ampolles de lactis	Envàs PET reciclable que conté un 30 % de PET d' origen vegetal. Marca comercial: The Coca-Cola Co.	Reciclatge	

Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)

Taula 24 Càpsules de cafè sostenibles i articles sol ús

Tipus d' envàs	Material	Destí final	Exemples de mercat
Càpsules de cafè compostables	<p>PLA</p> <p>Marques comercials: Bonga Red Mountain, Lavazza, Beanarella, Baqué, Jurado, Unic, Segafredo, Veritas, Novell, Tiziano Bonini, Corsini, San Marco.</p>	Compostatge	
Envasos de cafè	<p>Làmina feta de matèries primeres renovables (canya de sucre i cel·lulosa) segellada a quatre cantons. És compostable industrialment DIN CERTCO i té la certificació OK Biobased de més del 85 %.</p> <p>Marca comercial: Peeze Coffee (envàs de Bio4Pack)</p>	Compostatge	

Font: veure Annex A Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 10 de Juny de 2020)

## 1.5 Discussió

Segons el que hem pogut observar a l'evolució i perspectives de futur dels bioplàstics, hem vist que els estudis sobre bioplàstics i les seves aplicacions han tingut un creixement exponencial en els darrers 20 anys. Des del 2008 que veiem que s'han començat a produir a nivell industrial.

La gran crisi mundial del plàstic ha fet que moltes empreses investiguin aquest tipus de materials per oferir solucions més sostenibles però amb les mateixes propietats que els plàstics convencionals i noves funcionalitats en la producció d'envasos i embalatges alimentaris, entre d'altres aplicacions. Per tant, perquè aquest mercat avanci implica una estreta relació entre els centres tecnològics, empreses productores de bioplàstics i grans multinacionals consumidores.

En la nostra recerca vam trobar que hi han molts centres de recerca investigant sobre els bioplàstics i que anualment es fan diferents convencions, congressos i exposicions on conflueixen els productors dels bioplàstics, els centres tecnològics, les empreses de maquinaria industrial per fer envasos a més dels consumidors d'aquests tipus de nous envasos. La idea és crear sinergies per poder avançar conjuntament i veure les necessitats dels diferents sectors per tal d'enfocar les línies d'investigació i producció.

Pel que respecta a les empreses que produeixen bioplàstics vaig trobar que hi han grans marques productores de plàstics convencionals que s'estan adaptant i incorporant a aquest sector de mercat i d'altres que sorgeixen de la necessitat de producció de bioplàstics i estan especialitzades en aquests materials.

A Europa trobem la necessitat de reduir la dependència als recursos fòssils però ens trobem amb dos problemes principals. Un és la competència entre els preus de producció comparant el del petroli amb respecte del preu de producció de bioplàstics amb biomassa. Aquest últim s'encareix degut a tots els passos intermitjos que s'han de fer; tot i això s'està investigant per minimitzar els costos.

Per altra banda tenim la manca de mesures legislatives fermes que propiciïn la producció de bioplàstics. Està previst que l'increment de la producció de bioplàstics augmentaria significativament l'ocupació.

Es preveu un creixement lleu dels bioplàstics que vé limitat principalment per la manca de l'accés a la biomassa agrícola com a matèria prima ja que només es destina al voltant d'un 0,02 % de la



producció mundial per la producció de bioplàstics. Per substituir els plàstics convencionals per bioplàstics necessitarien el 7 % de la producció mundial.

Una possible solució seria reevaluar la producció destinada a pastures, pinsos i aliments per evitar els excedents alimentaris trobant l'equilibri que obri mercat a la producció de bioplàstics. L'altra solució és trobar noves fonts de biomassa com poden ser l'ús de noves fonts vegetals o el reaprofitament de residus vegetals i alimentaris.

Trobem una altra problemàtica important que és la gestió mediambiental. Degut a les mesures restrictives de Xina vers la importació de residus plàstics EEUU, Europa i altres països exportadors d'aquests tipus de residus han tingut que prendre mesures per millorar la gestió ambiental. Estats Units inclús ha tingut que començar a desenvolupar lleis per tal de regular la gestió mediambiental dels residus plàstics.

Europa es troba des de fa anys treballant per augmentar la capacitat del reciclatge i/o recuperació energètica d'aquests tipus de residus i minimitzant-ne els abocadors que causen gasos d'efecte hivernacle i lixiviats.

Trobem però que si es produeix un increment dels bioplàstics biodegradables crearà la necessitat de fer una correcta separació dels tipus de plàstics existents per realitzar-los el tractament més òptim, sostenible i circular. S'haurà d'invertir en noves plantes compostadores, que actualment encara són poques, que poden ser complementades amb biorefineries treient el màxim rendiment dels bioplàstics en forma d'energia o compost de qualitat. Això també haurà de venir acompanyat d'una major concienciació de la població i de la generació de nous llocs de treball.

Pel que veiem en quan a la producció de bioplàstics veiem que Àsia és el major productor a nivell mundial i en segon lloc està Europa; però la tendència és que la capacitat de producció global de cara al 2024 augmentarà a Europa i disminuirà a la resta de continents.

Pel que respecta als bioplàstics biobasats veiem que augmenta la producció i per tant l'ús de les resines epoxi, PP biobasat, PHA biobasat, PEF, PA biobasat i PE biobasta i disminuirà l'ús del PET.

De cara al 2024 no augmentarà el percentatge destinat als envasos i embalatges però hem de tenir present que actualment el 43% dels plàstics biodegradables s'utilitzen en envasos alimentaris.

Pel que fa a les grans multinacionals hem observat que s'han marcat varies fites de cara al 2025. Entre elles la més important és dissenyar el 100% dels envasos perquè siguin reciclables, compostables o biodegradables. A més incorporaran noves polítiques per minimitzar l'ús de materials plàstics, augmentar la proporció de material biobasat en els seus envasos, promoure el reciclatge d'envasos i utilitzar plàstic reciclat en els seus envasos. En funció de la multinacional opta per unes opcions o altres. L'objectiu comú és fer una producció més sostenible i circular dels envasos plàstics però encara queda molt camí a fer.

També hem pogut observar que els bioplàstics tenen múltiples aplicacions no només a nivell d'envasos alimentaris; pel que hi han molts mercats de productes interessats en poder utilitzar aquests tipus de materials. Igualment els envasos alimentaris són el destí preferent d'aquest tipus de bioplàstics.

Pel que respecta als usos i exemples de productes de mercat que existeixen observem que existeixen gran varietat d'envasos que podrien ser compostats però la realitat és que finalment i degut a les mancances dels sistemes de gestió ambiental acaben sent reciclats o degut a la brutícia en els envasos alimentaris o dificultats en el reciclatge acaben sent incinerats o portats a abocadors controlats.





## Conclusions

Davant la crisi mundial del plàstic ha sorgit la necessitat d'encaminar l' economia mundial lineal cap a una circular. Després d' analitzar l' evolució, ús actual i tendències de futur dels bioplàstics en la producció d' envasos alimentaris hem trobat les següents conclusions:

1. Hem trobat indicadors que aquests tipus de plàstics han anat evolucionant de manera que tenen una petjada de carboni inferior als convencionals; encara que de moment no s' ha pogut demostrar amb estudis concloents. A més poden oferir moltes aplicacions i funcionalitats però encara s' han de seguir desenvolupant. És per això que requerirà l' estreta col·laboració de la comunitat química, centres tecnològics i grans multinacionals que els utilitzen.
2. Els principals factors limitants en la producció de bioplàstics són la falta de competitivitat del preu de producció dels bioplàstics amb respecte al petroli i la manca d' accés a la biomassa ja que només aproximadament un 0,2 % de la producció global mundial es destina a aquest efecte; és per això que es busquen noves fonts de biomassa tal com fonts vegetals o residus vegetals i alimentaris.
3. La Comissió europea ha marcat com a fita pel 2030 que tots els plàstics siguin reciclables o reutilitzables. Degut a això les grans multinacionals del sector alimentari s' han posat el 2025 com a fita per aconseguir dissenyar el 100% dels envasos perquè siguin reciclables, compostables o biodegradables.
4. Però per altra banda hem trobat la necessitat imperiosa de desenvolupar mesures legislatives i millores en el sistema de gestió ambiental que protegeixin, reforcin i millorin la incorporació dins el mercat i la seva posterior gestió mediambiental d' aquest tipus de plàstics.
5. Més de 45 empreses a tot el món ja utilitzen aquests materials biobasats en envasos, tals com ampolles, films, envasos flexibles i rígids, recobriments laminats, malles, etiquetes, taps i càpsules entre d' altres, de diferents productes alimentaris.

## Bibliografia

- ACSA. (2020). *Seguretat alimentaria. Legislació*. Consultat el 10 / 07 / 2020, a Generalitat de Catalunya:  
[http://acsa.gencat.cat/ca/seguretat\\_alimentaria/seguretat\\_alimentaria\\_per\\_temes/materials\\_i\\_envasos\\_alimentaris/legislacio/](http://acsa.gencat.cat/ca/seguretat_alimentaria/seguretat_alimentaria_per_temes/materials_i_envasos_alimentaris/legislacio/)
- AECOSAN. (2020). *Materiales Poliméricos en Contacto con Alimentos*. Consultat el 17 / 07 / 2020, a AESAN - Agencia española de seguridad alimentaria y nutrición:  
[http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad\\_alimentaria/subdetalle/polimericos.htm](http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/web/seguridad_alimentaria/subdetalle/polimericos.htm)
- Ahmed, T., Shahid, M., Azeem, F., Rasul, I., Shah, A. A., Noman, M., . . . Muhammad, S. (2018). Biodegradation of plastics: current scenario and future prospects for environmental safety. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(8), 7287-7298. doi:10.1007/s11356-018-1234-9
- Arkin, C. (2019). WASTE EXPORTS. A *Plastic Atlas 2019* (p. 38-39). Heinrich Böll Foundation. Consultat el 09 / 07 / 2020, a [https://www.boell.de/sites/default/files/2020-01/Plastic%20Atlas%202019%202nd%20Edition.pdf?dimension1=ds\\_plastic\\_atlas](https://www.boell.de/sites/default/files/2020-01/Plastic%20Atlas%202019%202nd%20Edition.pdf?dimension1=ds_plastic_atlas)
- Barret, A. (15 / 02 / 2020). *US Nationwide Ban on Single-Use Plastics*. Consultat el 01 / 07 / 2020, a BioplasticsNews: <https://bioplasticsnews.com/2020/02/15/us-ban-on-single-use-plastics/>
- Barrett, A. (12 / 08 / 2019). *US Congress Initiatives on Plastics*. Consultat el 01 / 07 / 2020, a BioplasticsNews: <https://bioplasticsnews.com/2019/08/12/us-congress-initiatives-on-plastics/>
- Bioplastics eV, European. (09 / 2019). *Bioplastics - Industry standards & labels*. (E. B. eV, Ed.) Consultat el 30 / 04 / 2020, a European Bioplastics: [https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EUBP\\_FS\\_Standards.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EUBP_FS_Standards.pdf)
- Bioplastics eV, European . (02 / 2020). *Bioplastics market data 2019*. (E. B. eV, Ed.) Consultat el 22 / 04 / 2020, a European Bioplastics: [https://docs.european-bioplastics.org/publications/market\\_data/Report\\_Bioplastics\\_Market\\_Data\\_2019.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/Report_Bioplastics_Market_Data_2019.pdf)



- Bioplastics eV, European. (11 / 2009). *Industrial Composting*. (E. B. eV, Ed.) Consultat el 13 / 05 / 2020, a European Bioplastics: [https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP\\_fs\\_industrial\\_composting.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_industrial_composting.pdf)
- Bioplastics eV, European. (01 / 2016). *Bioplastics - furthering efficient waste management*. (E. B. eV, Ed.) Consultat el 07 / 05 / 2020, a European Bioplastics: [https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP\\_fs\\_end-of-life.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/2016/publications/fs/EUBP_fs_end-of-life.pdf)
- Bioplastics eV, European. (03 / 2018). PLASTICS STRATEGY-CONTRIBUTION OF BIOPLASTICS TO A SUSTAINABLE CIRCULAR PLASTICS ECONOMY. p. 2. Consultat el 21 / 05 / 2020, a [https://docs.european-bioplastics.org/publications/pp/EUBP\\_PP\\_Plastics\\_Strategy.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/pp/EUBP_PP_Plastics_Strategy.pdf)
- Bioplastics eV, European. (07 / 2018). *What are bioplastics?* (E. B. eV, Ed.) Consultat el 30 / 04 / 2020, a European Bioplastics: [https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP\\_FS\\_What\\_are\\_bioplastics.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf)
- Bioplastics eV, European. (2020). *Applications for bioplastics*. Consultat el 06 / 05 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/market/applications-sectors/>
- Bioplastics eV, European. (2020). *Certifications for bioplastics*. (E. B. eV, Editor) Consultat el 24 / 04 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/standards/certification/>
- Bioplastics eV, European. (2020). *Composting*. (E. B. eV, Ed.) Consultat el 06 / 05 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/waste-management/composting/>
- Bioplastics eV, European. (2020). *EU Circular Economy Package*. (E. B. eV, Editor) Consultat el 20 / 04 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/policy/circular-economy/>
- Bioplastics eV, European. (2020). *Harmonised standards for bioplastics*. (E. B. eV, Editor) Consultat el 20 / 04 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/standards/>

- Bioplastics eV, European. (2020). *Mechanical recycling*. (E. B. eV, Ed.) Consultat el 13 / 05 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/waste-management/recycling>
- Bioplastics eV, European. (2020). *Oxo-Degradable Plastics*. (E. B. eV, Editor) Consultat el 04 / 05 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/standards/oxo-degradables/>
- Bioplastics eV, European. (2020). *Publications. Market Data*. (E. B. eV, Ed.) Recollit de European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/news/publications/>
- Bioplastics eV, European. (2020). *Relevant EU policies*. (E. B. eV, Editor) Consultat el 22 / 04 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/policy/>
- Bioplastics eV, European. (2020). *Waste management and recovery options for bioplastics*. (E. B. eV, Ed.) Consultat el 22 / 04 / 2020, a European Bioplastics: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/waste-management/>
- Boesen, S., Bey, N., & Niero, M. (2019). Environmental sustainability of liquid food packaging: Is there a gap between Danish consumers' perception and learnings from life cycle assessment? *Journal of Cleaner Production*, 210, 1193-1206. doi:10.1016/j.jclepro.2018.11.055
- Bonwick, G., Bradley, E., Lock, I., & Romero, R. (06 / 2019). Bio-Based Materials For Use In Food Contact Applications. (F. S. Limited, Ed.) *Fera*, p. 40. Consultat el 11 / 06 / 2020, a <https://www.food.gov.uk/sites/default/files/media/document/bio-based-materials-for-use-in-food-contact-applications.pdf>
- Chadha, A. (2011). Overcoming Competence Lock-In for the Development of Radical Eco-Innovations: The Case of Biopolymer Technology. *Industry and Innovation*, 18(3), 335-350. doi:10.1080/13662716.2011.561032
- Chinthapalli, R., Skoczinski, P., Carus, M., Baltus, W., De Guzman, D., Käb, H., . . . Ravenstijn, J. (2019). Biobased Building Blocks and Polymers - Global Capacities, Production and Trends, 2018-2023. *Industrial Biotechnology*, 15(4), 237-241. doi:10.1089/ind.2019.29179.rch



- Coca-Cola Iberia. (2020). *Avanzamos. Informe de sostenibilidad 2019*. (C.-C. E. Iberia, Editor)  
Consultat el 12 / 06 / 2020, a Coca-Cola Iberia:  
<https://www.cocacolaespana.es/content/dam/one/es/es/pdf-files/informe-sostenibilidad-coca-cola-2019.pdf>
- COMMISSION, EUROPEAN. (16 / 01 / 2018). *REPORT FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL on the impact of the use of oxo-degradable plastic, including oxo-degradable plastic carrier bags, on the environment*. Consultat el 08 / 09 / 2020, a <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/oxo-plastics.pdf>
- Consejo Europeo. (21 / 05 / 2019). *Consejo de la UE y Consejo Europeo*. Consultat el 02 / 09 / 2020, a El Consejo prohíbe los plásticos de un solo uso:  
<https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2019/05/21/council-adopts-ban-on-single-use-plastics/>
- Danone España, Nutricia Advanced, Medical Nutrition, Aguas Danone España, Danone Early Life Nutrition. (2018). *Estrategia de sostenibilidad de la compañía Danone en España*. (D. d. (GS), Ed.) Consultat el 12 / 06 / 2020, a Danone España:  
[http://corporate.danone.es/fileadmin/user\\_upload/DanoneSpainNew/publicaciones/Estrategia\\_Sostenibilidad\\_Danone.pdf](http://corporate.danone.es/fileadmin/user_upload/DanoneSpainNew/publicaciones/Estrategia_Sostenibilidad_Danone.pdf)
- Danone SA. (2020). *Circular economy of packaging*. Consultat el 12 / 06 / 2020, a Danone SA:  
<https://www.danone.com/impact/planet/packaging-positive-circular-economy.html>
- Dell, J. (06 / 03 / 2019). *157,000 Shipping Containers of U.S. Plastic Waste Exported to Countries with Poor Waste Management in 2018*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a Plastic Pollution Coalition:  
<https://www.plasticpollutioncoalition.org/blog/2019/3/6/157000-shipping-containers-of-us-plastic-waste-exported-to-countries-with-poor-waste-management-in-2018>
- Dobrucka, R. (2019). Bioplastic packaging materials in circular economy. *Logforum*, 15(1), 129-137.  
doi:10.17270/J.LOG.2019.322

- ECN. (2020). *Bio-waste management plays an important role in bio-economy*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a European Compost Network: <https://www.compostnetwork.info/policy/circular-economy/bio-waste-management/>
- Europe, Plastics. (2019). Plásticos – Situación en 2019. *Plastic Europe*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a <https://www.plasticseurope.org/es/newsroom/neuigkeiten/plasticos-situacion-en-2019>
- European Environment Agency. (2019). The plastic waste trade in the circular economy. 1-7. doi:10.2800/220248
- Eurostat. (09 / 07 / 2020). *EU exports of recyclables to China fallen sharply*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20200709-01?inheritRedirect=true&redirect=%2F>
- FINANZ.DK. (07 / 06 / 2019). *As Developing Countries Reject Plastic Waste Exports, Wealthy Nations Seek Solutions*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a [fz finanz: https://finanz.dk/as-developing-countries-reject-plastic-waste-exports-wealthy-nations-seek-solutions/](https://finanz.dk/as-developing-countries-reject-plastic-waste-exports-wealthy-nations-seek-solutions/)
- Fundación migranodearena. (17 / 05 / 2017). *¿Dónde surgió la economía circular?* Consultat el 25 / 05 / 2020, a [Donalo.org: https://blog.donalo.org/2017/05/17/donde-surgio-la-economia-circular/](https://blog.donalo.org/2017/05/17/donde-surgio-la-economia-circular/)
- García, S. (03 / 07 / 2019). Crónica de una muerte anunciada a los plásticos de un solo uso. Consultat el 08 / 09 / 2020, a <https://www.cienciasambientales.com/es/legislacion-ambiental/directiva-2019-904-reduccion-impacto-plasticos-cronica-muerte-anunciada-plasticos-un-solo-uso-17823>
- GARRIGUES, S.L.P., J&A. (20 / 07 / 2018). La Unión Europea aprueba dos nuevas Directivas sobre gestión y reciclaje de residuos. Consultat el 08 / 09 / 2020, a [https://www.garrigues.com/latam/es\\_ES/noticia/la-union-europea-aprueba-dos-nuevas-directivas-sobre-gestion-y-reciclaje-de-residuos](https://www.garrigues.com/latam/es_ES/noticia/la-union-europea-aprueba-dos-nuevas-directivas-sobre-gestion-y-reciclaje-de-residuos)
- General Mills. (01 / 05 / 2020). *Packaging*. Consultat el 12 / 06 / 2020, a [General Mills: https://www.generalmills.com/en/Responsibility/Sustainability/packaging-statement](https://www.generalmills.com/en/Responsibility/Sustainability/packaging-statement)
- Geueke, B. (04 / 2014). Bioplastics as food contact materials. *Food Packaging Forum*, 1-8. doi:10.5281/zenodo.33517



- Guallar, Rosa. (15 / 10 / 2014). *Abocadors a la Via Verda*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a Via verda: [http://www.viaverda.org/index\\_abocadors.html](http://www.viaverda.org/index_abocadors.html)
- INNPROBIO. (2020). *CERTIFICATION AND ECOLABELS FOR BIO-BASED PRODUCTS*. Consultat el 27 / 05 / 2020, a INNPROBIO: <https://www.biobasedconsultancy.com/en/about-biobased/certification-and-ecolabels>
- Kawashima, N. Y. (08 / 2019). How Do Bioplastics and Fossil-Based Plastics Play in a Circular Economy ? *Macromolecular Materials and Engineering*, 1900383, 1-14. doi:10.1002/mame.201900383
- KELLOGG Company. (2020). *IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF OUR PACKAGING*. Consultat el 12 / 06 / 2020, a KELLOGG Company: [https://www.kelloggs.co.uk/en\\_GB/our-story/nurturing-our-planet/sustainability-of-our-packaging.html](https://www.kelloggs.co.uk/en_GB/our-story/nurturing-our-planet/sustainability-of-our-packaging.html)
- Khan, B., Bilal Khan Niazi, M., Samin, G., & Jahan, Z. (2017). Thermoplastic Starch: A Possible Biodegradable Food Packaging Material—A Review. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3). doi:10.1111/jfpe.12447
- Kuzincow, J., & Ganczewski, G. (2015). *Company's CSR activities addressed to its employees – diffusion of CSR to customers by employees*. doi:10.15611/pn.2015.387.15
- Leejarkpai, T., Mungcharoen, T., & Suwanmanee, U. (2016). Comparative assessment of global warming impact and eco-efficiency of PS (polystyrene), PET (polyethylene terephthalate) and PLA (polylactic acid) boxes. *Journal of Cleaner Production*, 125, 95-107. doi:10.1016/j.jclepro.2016.03.029
- Liliani, Tjahjono, B., & Cao, D. (2020). Advancing bioplastic packaging products through co-innovation: A conceptual framework for supplier-customer collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119861. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119861
- Mars, Incorporated. (2020). *Healthy Planet, Heading Plans To Rethink Our Packaging, Today*. Consultat el 12 / 06 / 2020, a Mars, Incorporated: <https://www.mars.com/sustainability-plan/healthy-planet/sustainable-packaging>

- Molenveld, K., van den Oever, M., & Bos, H. (2015). *Biobased Packaging Catalogue*. Wageningen, 1-92. Consultat el 11 / 06 / 2020, a [https://www.researchgate.net/publication/277197448\\_Biobased\\_Packaging\\_Catalogue](https://www.researchgate.net/publication/277197448_Biobased_Packaging_Catalogue)
- Mondelēz International. (2019). *Snacking Made Right 2019 Report*. (M. G. LLC, Ed.) Consultat el 12 / 06 / 2020, a Mondelēz International: [https://www.mondelezinternational.com/-/media/Mondelez/Snacking-Made-Right/SMR-Report/2019\\_MDLZ\\_Snacking\\_Made\\_Right\\_Report.pdf](https://www.mondelezinternational.com/-/media/Mondelez/Snacking-Made-Right/SMR-Report/2019_MDLZ_Snacking_Made_Right_Report.pdf)
- Mondelēz International. (2020). *SNACKING MADE RIGHT / PACKAGING INNOVATION*. (M. G. LLC, Editor) Consultat el 12 / 06 / 2020, a Mondelēz International: <https://www.mondelezinternational.com/Snacking-Made-Right/Packaging-Innovation>
- Navarro, R. (2013). *¿Cuál es el marco legislativo de los materiales en contacto con alimentos en la UE?* Consultat el 23 / 03 / 2020, a Ainia: <https://www.ainia.es/insights/cual-es-el-marco-legislativo-de-los-materiales-en-contacto-con-alimentos-en-la-ue/>
- NESTLÉ ESPAÑA. (2020). *RESIDUOS DE PLÁSTICO. Compromisos a nivel mundial*. Consultat el 12 / 06 / 2020, a NESTLÉ ESPAÑA: <https://empresa.nestle.es/es/compromisosconlatierra/residuos-plasticos>
- Nissenbaum, D. (2020). *Achieving the compostable*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a Business reporter: <https://www.business-reporter.co.uk/2019/11/26/achieving-the-compostable/#gsc.tab=0>
- NUREL. (2020). *APLICACIONES. SOLUCIONES COMPOSTABLES, BIODEGRADABLES Y BIOBASADAS*. Consultat el 21 / 04 / 2020, a NUREL BIOPOLYMERS: <https://nurelbiopolymers.com/es/aplicaciones>
- O'Neill, K. (17 / 08 / 2018). *The plastic waste crisis is an opportunity for the US to get serious about recycling at home*. Consultat el 09 / 07 / 2020, a The Conversation: <https://theconversation.com/the-plastic-waste-crisis-is-an-opportunity-for-the-us-to-get-serious-about-recycling-at-home-93254>
- OPEMED. (27 / 12 / 2018). *El problema del plástico*. Consultat el 08 / 09 / 2020, a <http://gestionderesiduosonline.com/el-problema-del-plastico/>





- Papong, S., Malakul, P., Trungkavashirakun, R. W., Chom-In, T., Nithitanakul, M., & Sarobol, E. (2014). Comparative assessment of the environmental profile of PLA and PET drinking water bottles from a life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 65, 539-550. doi:10.1016/j.jclepro.2013.09.030
- PEPSICO FOODS. (2020). *NUESTROS OBJETIVOS*. Consultat el 12 / 06 / 2020, a PEPSICO FOODS: <https://www.pepsico.es/sostenibilidad/nuestros-objetivo>
- Salwa, H. S. (2019). Green bio composites for food packaging. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 450-459. doi:10.35940/ijrte.B1088.0782S419
- Shen, L., Haufe, J., & Patel, M. K. (06 / 2009). Product overview and market projection of emerging bio-based plastics PRO-BIP 2009 Utrecht The Netherlands. *European Polysaccharide Network of Excellence (EPNOE) and European Bioplastics*, 243. Consultat el 16 / 06 / 2020, a [https://www.uu.nl/sites/default/files/copernicus\\_probip2009\\_final\\_june\\_2009\\_revised\\_in\\_november\\_09.pdf](https://www.uu.nl/sites/default/files/copernicus_probip2009_final_june_2009_revised_in_november_09.pdf)
- Spierling, S., Knüppfer, E., Behnsen, H., Mudersbach, M., Krieg, H., Springer, S., & Albrecht, S. (2018). Bio-based plastics - A review of environmental, social and economic impact assessments. (E. Ltd, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 185, 476-491. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.014
- Theinsathid, P., Chandrachai, A., & Keeratipibul, S. (2009). Managing bioplastics business innovation in start up phase. *Journal of Technology Management and Innovation*, 4(1), 82-93. doi:10.4067/S0718-27242009000100007
- Unilever. (2020). *Waste & packaging*. (U. P. NV, Editor) Consultat el 12 / 06 / 2020, a Unilever: <https://www.unilever.com/sustainable-living/reducing-environmental-impact/waste-and-packaging/>
- van Crevel, R. (2016). Bio-based food packaging in Sustainable Development. *Forestry Policy and Resources Division*. Consultat el 11 / 06 / 2020, a <http://www.fao.org/forestry/45849-023667e93ce5f79f4df3c74688c2067cc.pdf>

Walker, S., & Rothman, R. (2020). Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic: A review. (E. Ltd, Ed.) *Journal of Cleaner Production*, 261, 121158. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121158

Yates, M. R., & Barlow, C. Y. (2013). Life cycle assessments of biodegradable, commercial biopolymers - A critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, 78, 54-66. doi:10.1016/j.resconrec.2013.06.010

Zartha Sossa, J. V. (2015). Aplicacion of delphi method in a foresigth study on biodegradable packaging up to 2032. *Espacios*, 36(15), 3. Consultat el 26 / 06 / 2020, a <http://www.revistaespacios.com/a15v36n15/15361503.html>



## Annexos

### Annex A. Referències fotogràfiques taules 16 a 24 (Data de consulta: 12 de Juny de 2020)

- <https://tipa-corp.com/application/open-bag-wicketed/>
- [https://thehappypear.ie/our\\_product\\_range/steves-dreamy-granola/](https://thehappypear.ie/our_product_range/steves-dreamy-granola/)
- <https://gualapackgroup.com/gualapackgroup-packaging-solutions-a-growing-global-alliance/>
- <https://www.plasticstoday.com/packaging/compostable-snacks-packaging-snags-bioplastic-award-danimer-scientific-pepsico/83659095059493>
- <https://www.bio4pack.com/news/fz-organic-food-opts-bio4packs-compostable-biobased-packaging-organic-trafo-hummus-chips/>
- <https://meestersvandehalm.nl/krokante-muesli/krokante-muesli-bosvruchten/>
- <https://www.packworld.com/design/flexible-packaging/article/13343466/organic-cereals-boast-compostable-laminated-bag>
- <https://plasticsinpackaging.com/online/bio-based-wrapper-wins-oskar/>
- <https://www.bio4pack.com/es/films-laminados/>
- <https://tipa-corp.com/application/open-bag-wicketed/>
- <https://www.bio4pack.com/news/dutch-bakery-van-eigen-deeg-opts-bio4packs-compostable-packaging/>
- <https://www.bizcommunity.com/Article/196/178/200030.html>
- <https://www.tetrapak.com/mx/sustainability/cases-and-articles/tetra-rex-bio-based>
- <https://www.editorialprensatecnica.net/revista/industrias-lacteas/noticias/tetra-pak-lanza-el-primer-tapon-vegetal-para-envases-tetra-rex>
- <https://www.foodbev.com/news/brownes-dairy-replaces-cartons-with-tetra-rex-bio-based-package/>
- <https://www.tetrapak.com/mx/packaging/tetra-brik-aseptic>
- <https://broki-15ddy.wixsite.com/leche-la-chiricana/acerca-de-nosotros>

- <https://www.esmmagazine.com/packaging-design/lactogal-introduces-bio-based-packaging-mimosa-milk-85438>
- <https://www.calidadpascual.com/lo-que-contamos/pascual-lanza-el-tetra-brik-para-leche-uht-mas-sostenible-del-mercado>
- <https://bestinpackaging.wordpress.com/2010/09/12/bio-plastics-from-hot-to-cold/>
- <https://packagingeurope.com/corona-launches-bio-based-six-pack-rings/>
- <https://www.dezeen.com/2016/06/08/edible-bio-based-six-pack-rings-saltwater-brewery-we-believers-packaging-recycled-sustainable-protect-marine-wildlife/>
- <https://www.trendhunter.com/trends/bio-packaging>
- <https://packagingeurope.com/new-fiber-based-ready-meal-trays-from-huhtamaki-replace-black-plastic/>
- <https://www.bio4pack.com/news/compostable-meat-tray-organic-meat/>
- [https://thehappypear.ie/our\\_product\\_range/organic-alfalfa-sprouts/](https://thehappypear.ie/our_product_range/organic-alfalfa-sprouts/)
- <https://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/2015-11-18-Bio-based-packaging-laminate-developed.php>
- <https://www.bakingbusiness.com/articles/46222-bio-based-flexible-packaging-on-the-rise>
- <https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/54609-Danone-apuesta-por-el-PLA-para-su-Activia-en-Alemania.html>
- <https://www.european-bioplastics.org/news/multimedia-pictures-videos/>
- <https://www.packagingnews.co.uk/news/ms-rolls-out-home-compostable-plastic-for-swiss-chocolate-trays-25-10-2010>
- <https://giro.es/ca/wineglass-100-compostable>
- <https://giro.es/ca/film-compostable-girbio>
- <https://giro.es/es/etiquetas-compostables>
- [https://www.plasteurope.com/news/RPC\\_PROMENS\\_t233931/](https://www.plasteurope.com/news/RPC_PROMENS_t233931/)
- <http://cargocollective.com/fernandagonzalez/filter/Branding/Braskem-l-m-green>
- <https://www.danone.com/stories/articles-list/plant-based-bottle-drinks.html>
- <https://www.trendingpackaging.com/cocacolas-new-plantbottle-isnt-actually-100-plant/>
- <https://www.flickr.com/photos/cocacolademexico/5531852177>
- [https://www.greenerpackage.com/sites/default/files/Dasani\\_Odwalla.jpg](https://www.greenerpackage.com/sites/default/files/Dasani_Odwalla.jpg)



- <https://www.amazon.es/Aquarius-Mango-Granada-funcional-botella-pl%C3%A1stico/dp/B07PMDQ8Y3>
- [https://www.revistaaral.com/bebidas/coca-cola-en-espana-continua-innovando-en-su-portfolio\\_15135086\\_102.html](https://www.revistaaral.com/bebidas/coca-cola-en-espana-continua-innovando-en-su-portfolio_15135086_102.html)
- <https://www.european-bioplastics.org/news/multimedia-pictures-videos/>
- <https://packagingeurope.com/compostable-coffee-capsules-on-the-up/>
- <https://capsulascompostables.es/>
- <https://cafejurado.com/es/97-capsulas-cafe-biodegradables-compostable>
- <https://www.latiendadelcafe.es/pack-capsulas-nespresso-unic-c2x28414747>
- <https://www.latiendadelcafe.es/capsulas-nespresso-compostables-segafredo-cremaricca-c2x29622081>
- <https://www.veritas.es/ca/capsules-de-cafe-compostables/>
- <https://cafesnovell.com/residuocero/>
- <http://www.caffebonini.es/empresa>
- <https://www.beverfood.com/caffe-corsini-sempre-piu-green-in-anteprima-a-host-e-anuga-le-nuove-proposte-bio-ed-ecologiche-x-wd/>
- <https://www.poyfrance.com/portfolios/san-marco-cafe-en-capsule-compostable-biodegradable/>
- <https://www.bio4pack.com/es/films-laminados/>

## Annex B. Pictogrames



Coberta de pel·lícula. Està segellat o enganxat a una safata.



Safata o plat



Contenedor



Cartró de begudes



Copa



Ampolla



Recipient congelador. Contenedor per a envasos productes de congelació profunda.



Tap o càpsula



Pel·lícula (bossa) usada directament al voltant d'un producte.



Barrera per a l'aigua



Barrera per a l'oxigen



Revestible amb alumini. Es pot proveir d'una capa de barrera d'alumini.



Revestible amb vidre. Es pot proveir amb una capa de barrera SiOx.



Apte per microones



Emmagatzematge refrigerat. Apte per a aplicacions de congelador.



Segellable



*Food contact.* Aprovat per al contacte directe amb els aliments.



Transparent



Compostatge. Compleix amb la norma EN13432 per a envasos compostables.



Reciclatge



Incineració