



ISMAC

Innovación sostenible:
Materiales y Circularidad

Procesos mecánicos de valorización y materiales biobasados

19 de Noviembre de 2024

Cristina Crespo, ccrespo@ita.es



Presentación ITA



Un equipo multidisciplinar trabajando para ti

325 PERSONAS:

- **18%** doctores.
- **84%** con titulados universitarios.
- Ingenieros Industriales Mecánicos, Eléctricos, Electrónicos.
- Ingenieros Informáticos o en Telecomunicaciones.
- Licenciados en Matemáticas, Física o Química.
- Ingenieros Químicos
- Etc.

El Instituto Tecnológico de Aragón (ITA) es un Centro Tecnológico dependiente del Gobierno de Aragón.

Desde 1984, guiamos y ayudamos a las empresas a ser más competitivas y excelentes de la mano de la innovación y el desarrollo tecnológico.



TRABAJO
EN EQUIPO

BÚSQUEDA DE LA
EXCELENCIA

ORIENTADO A
RESULTADOS

SOLUCIONES
INNOVADORAS

VOCACIÓN DE SERVICIO
A LA SOCIEDAD

Presentación ITA

NUESTRAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO

MATERIALES Y COMPONENTES



- Diseño y desarrollo de nuevos materiales (polímeros, plásticos, papel, etc.)
- Modelado y caracterización avanzada de materiales, incluyendo análisis de fallo.
- Prototipado virtual y gemelos digitales basados en la física del proceso.
- Evaluación del comportamiento y análisis de fallo de componentes y productos.

TECNOLOGÍAS DIGITALES



- Soluciones para mejora de procesos industriales y logísticos.
- Consultoría en optimización de procesos mediante simulación.
- Diseño y desarrollo producto y sistemas basados en IoT.
- Software BigData e IA para análisis de datos, texto e imagen.
- Herramientas de marketing y social media.
- Soluciones blockchain y diseño y desarrollo de *smart contracts*.

SISTEMAS MECATRÓNICOS



- Diseño y desarrollo de componentes, productos y sistemas.
- Diseño y desarrollo de bancos de ensayo y sistemas de instrumentación.
- Diseño y Desarrollo de Sistemas Robóticos Inteligentes y Coordinación Multirobot-Entorno
- Metodología propia basada en MBE (*Model Based Engineering*).

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA



- Desarrollo y diseño de sistemas eléctricos de potencia híbridos: energías renovables, sistemas de almacenamiento y red.
- Diseño de convertidores de potencia inteligentes y de bajo nivel de ruido electromagnético.
- Añadir más opciones.

Valorización

Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general

Valorización Energética



Operación de valorización por la que los residuos que no pueden ser reciclados se transforman en energía.

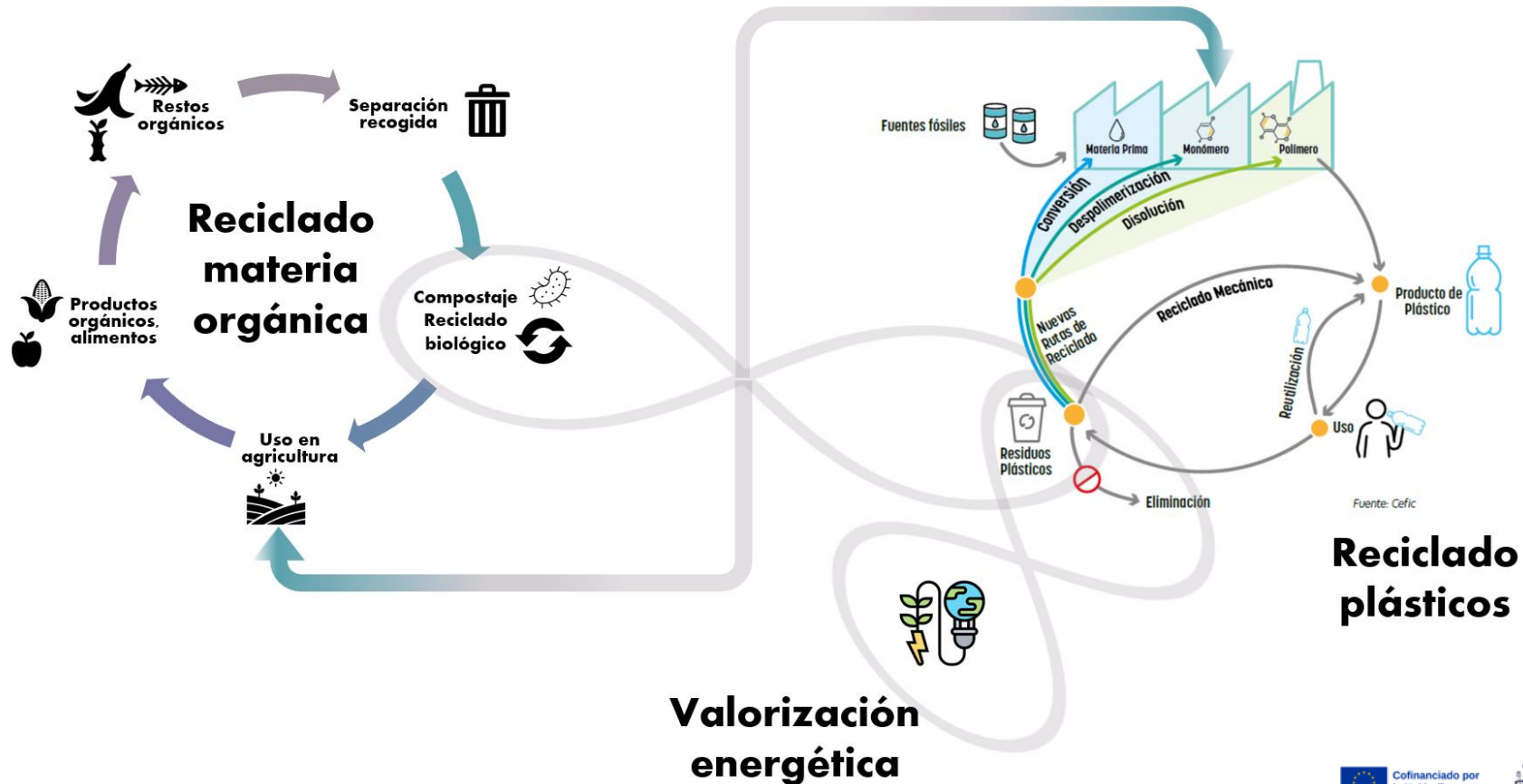
Valorización residuos



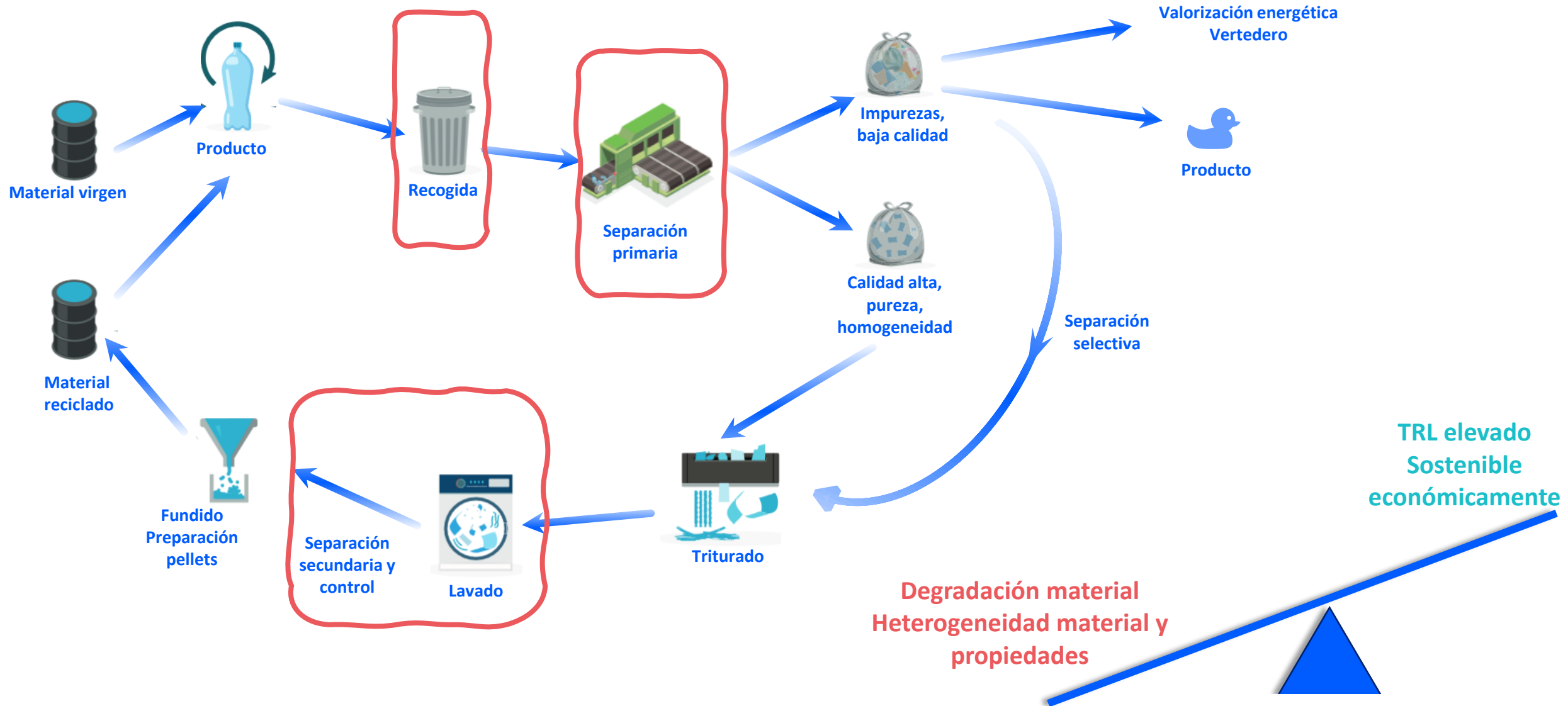
Operación de valorización distinta de la valorización energética. Incluye, entre otras operaciones, la preparación para la reutilización, el reciclado y el relleno.

Reciclado

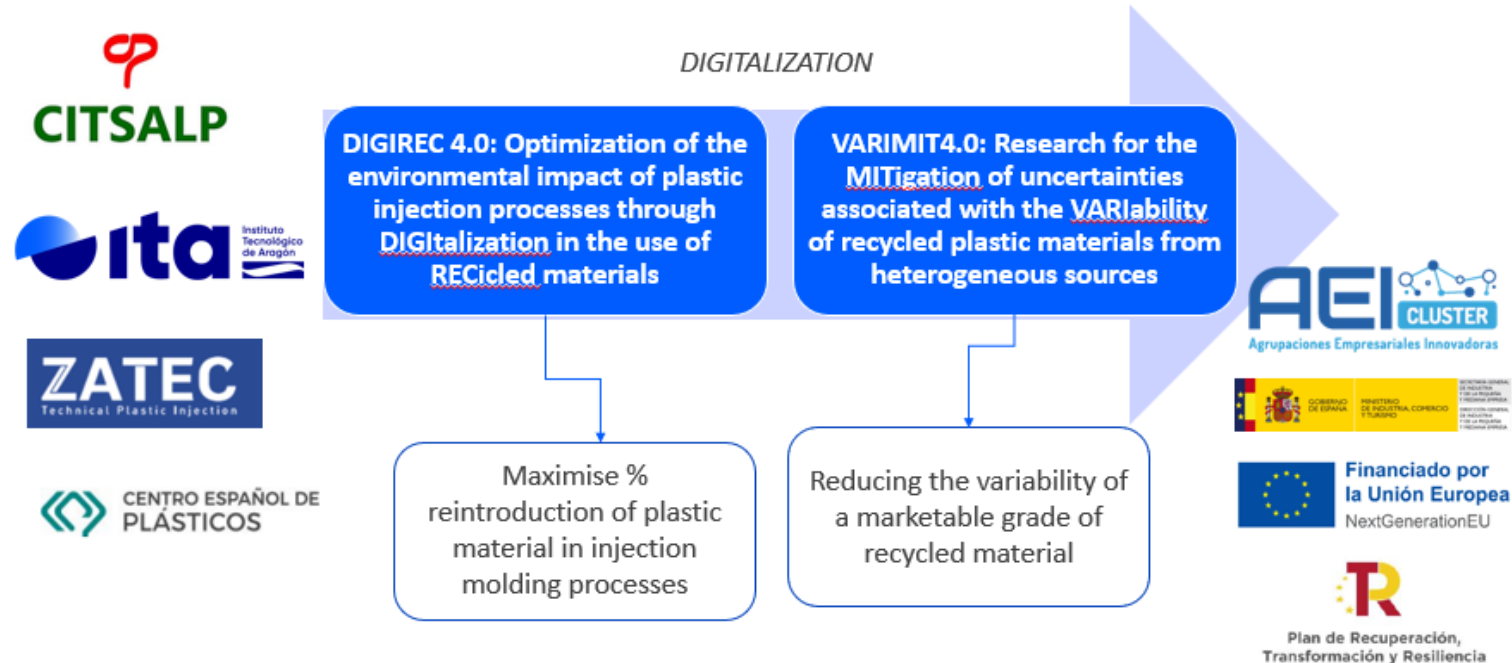
Toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno



Reciclado mecánico

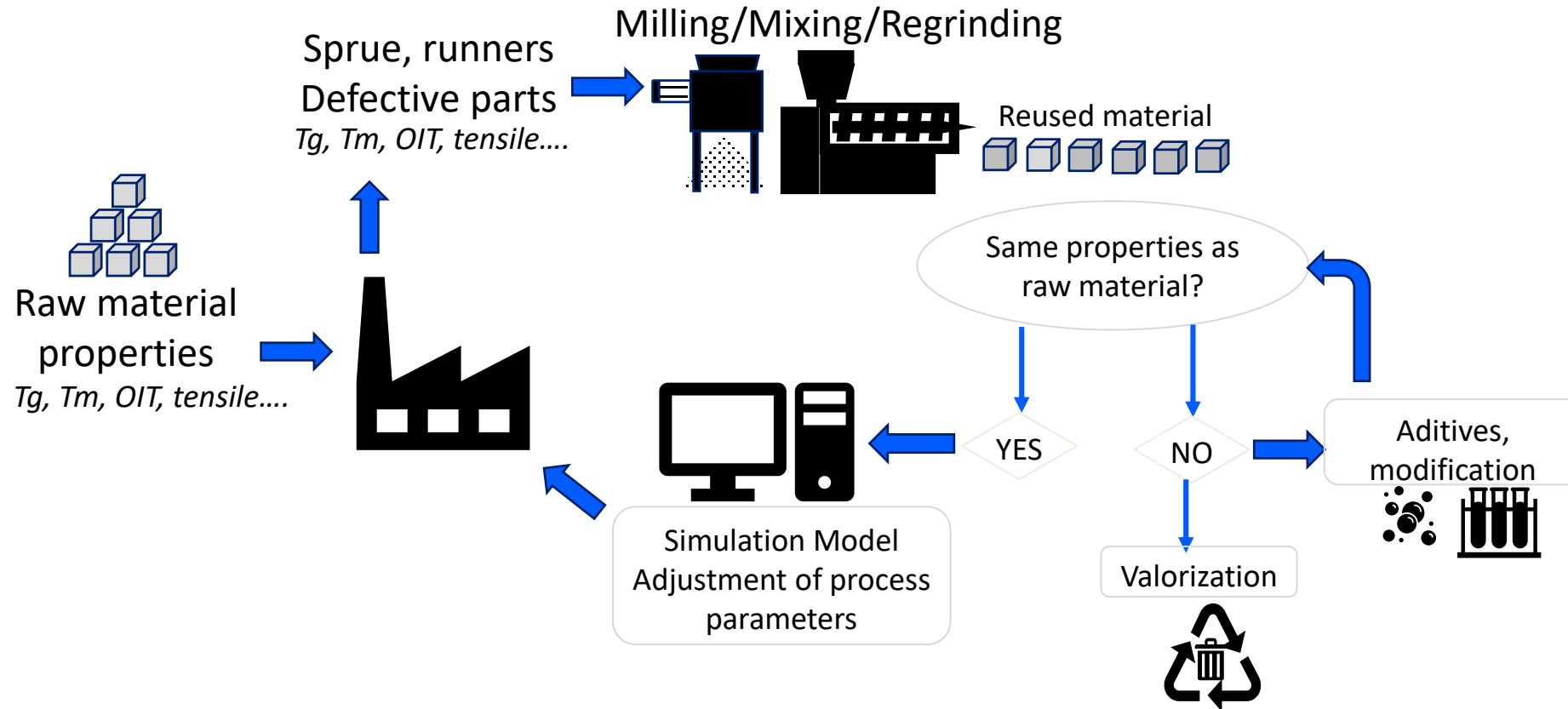


Propuestas de soluciones para controlar heterogeneidad y variabilidad de propiedades



Reintroducir plásticos en proceso

PP reutilizado (DIGIREC)



Reintroducir plásticos en proceso

PP reutilizado (DIGIREC)

ROM ROM_DigiRec_Mixture

☐ Show tolerance limits

Tiempo_iny... 0.3

Cambio_co... 97.

Tiempo_co... 4.0

Presion_co... 40

Temperatur... 23;

Tiempo_refr... 7

Temperatur... 30

Temperatur... 30

MixtureFrac... 1

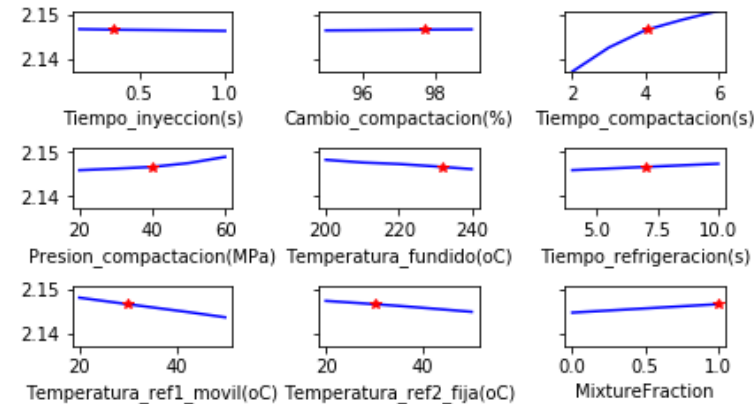
Output Vari... Cota_6(mm)_Mixture

☐ f1d for all dimensions

☒ Influence of every dimension in...

Cota_10(mm)_Mixture : 3.217 Dentro de tolerancia
 Cota_11(mm)_Mixture : 23.86 Dentro de tolerancia
 Cota_6(mm)_Mixture : 2.147 Dentro de tolerancia
 Cota_7(mm)_Mixture : 24.329 Dentro de tolerancia
 Cota_8(mm)_Mixture : 10.104 Dentro de tolerancia
 Cota_9(mm)_Mixture : 3.31 Dentro de tolerancia

Selected Output Variable Cota_6(mm)_Mixture : 2.147



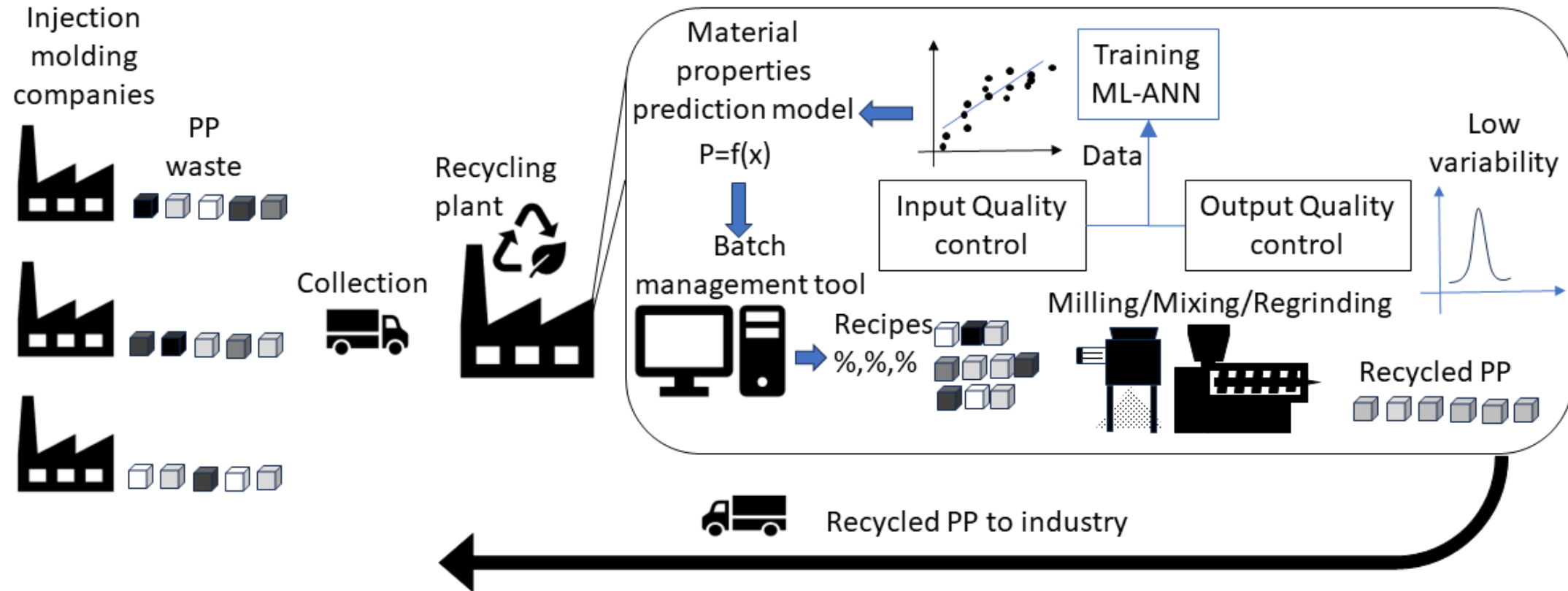
Herramienta de apoyo a la optimización de parámetros

Capacidades:

- Variación de parámetros en rango definido
- Resultados de interés al instante
- Gráficos de tendencias de todos los parámetros.
- Permite definir límites y tolerancias

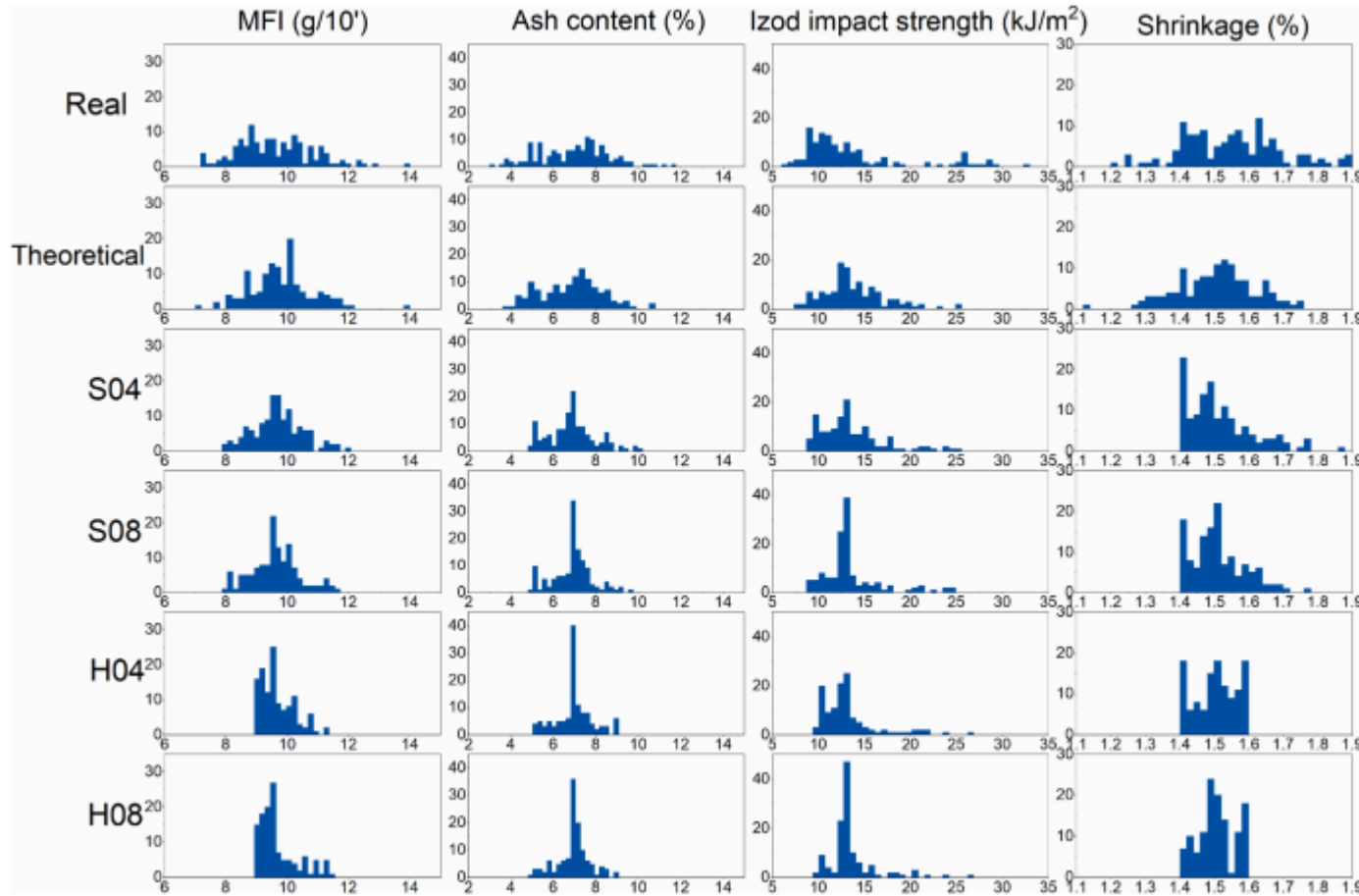
Plástico reciclado: Materia prima secundaria

PP reutilizado (Varimit)



Plástico reciclado: Materia prima secundaria

PP reutilizado (Varimit)



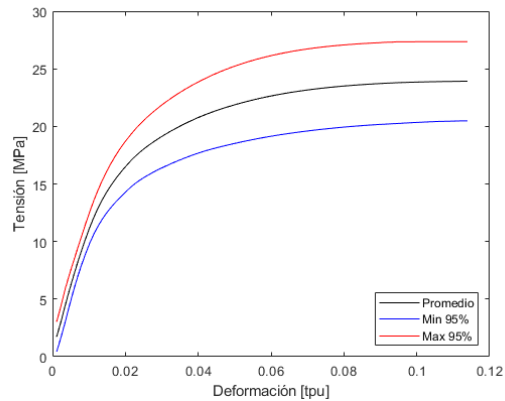
Reducción de la variabilidad

- Recalculo de histórico de datos en diferentes escenarios
- Importante tener una cantidad de datos importantes

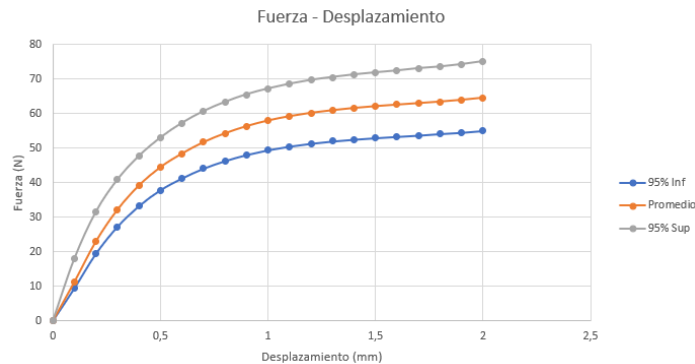
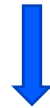
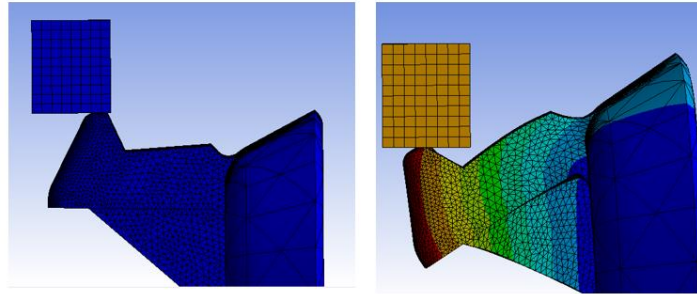
Plástico reciclado: Materia prima secundaria

PP reutilizado (Varimit)

Material: Probability
Bands



Functional Simulation (MEF)

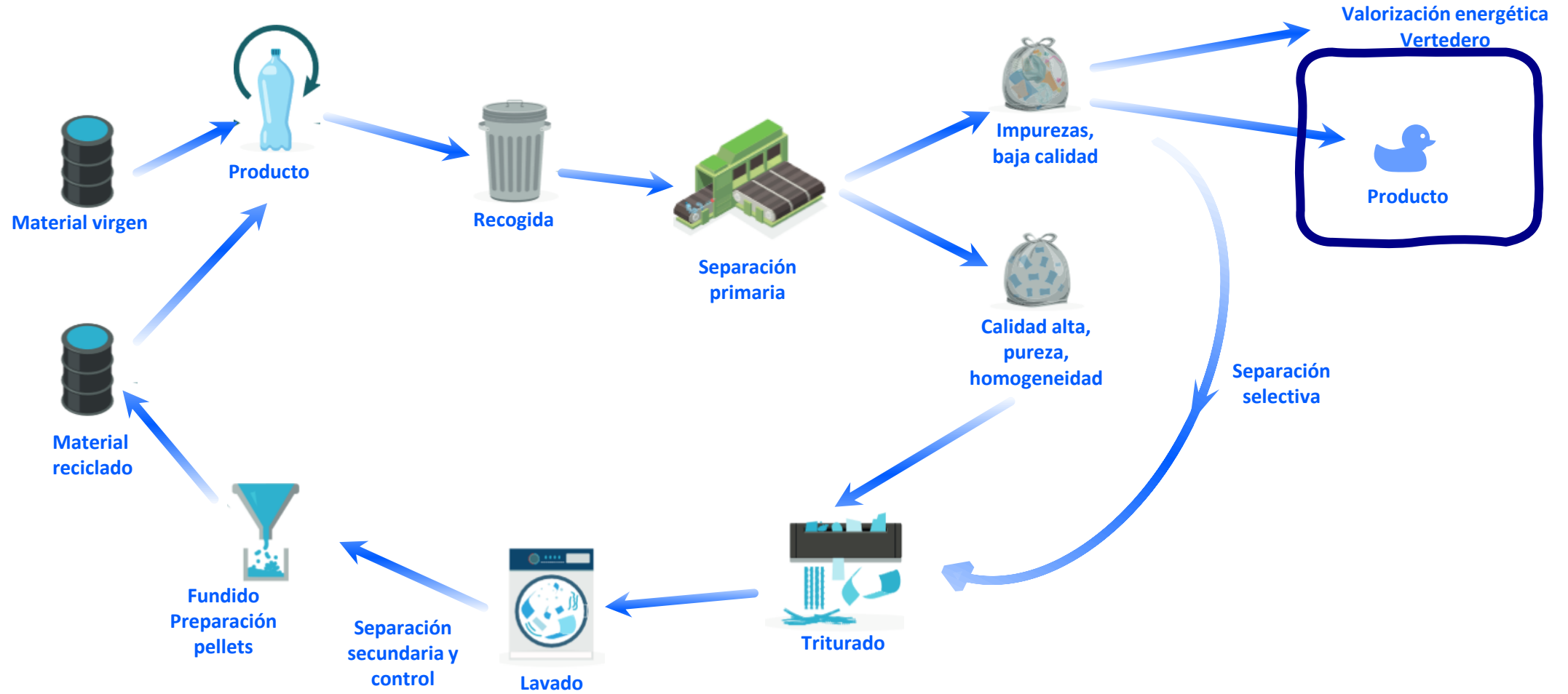


Consideración de la variabilidad desde la etapa de diseño

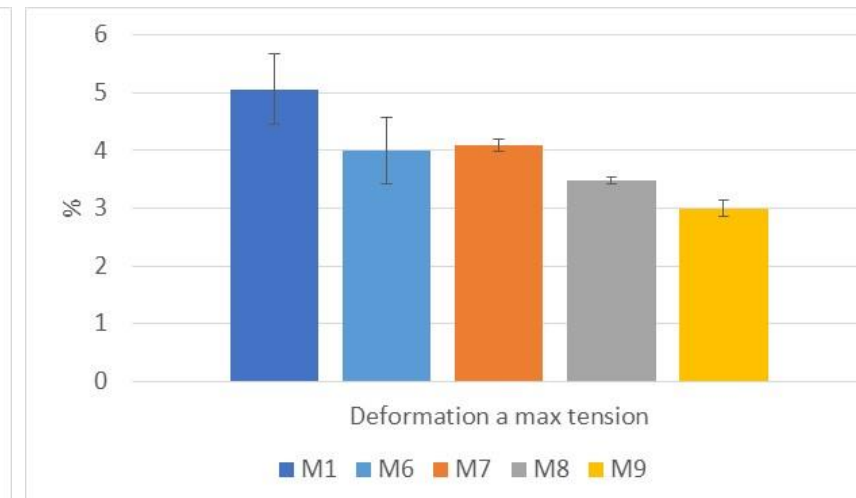
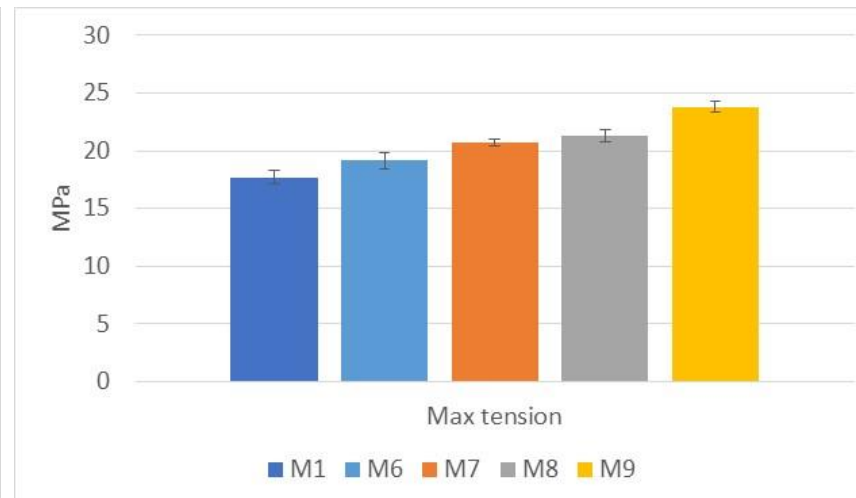
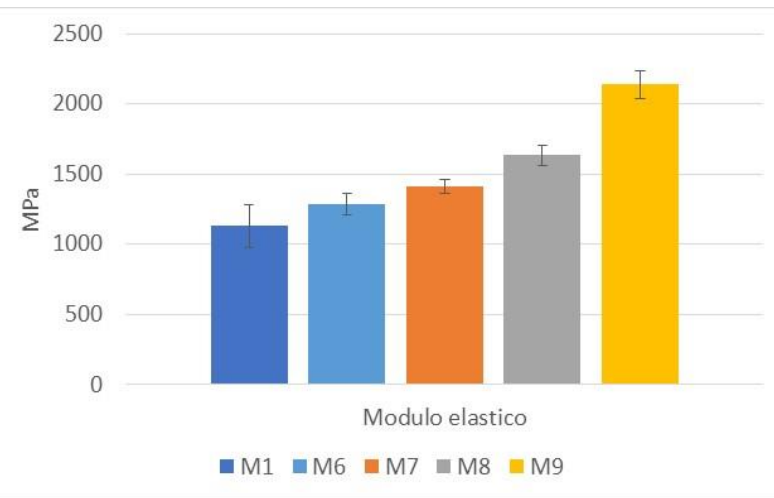
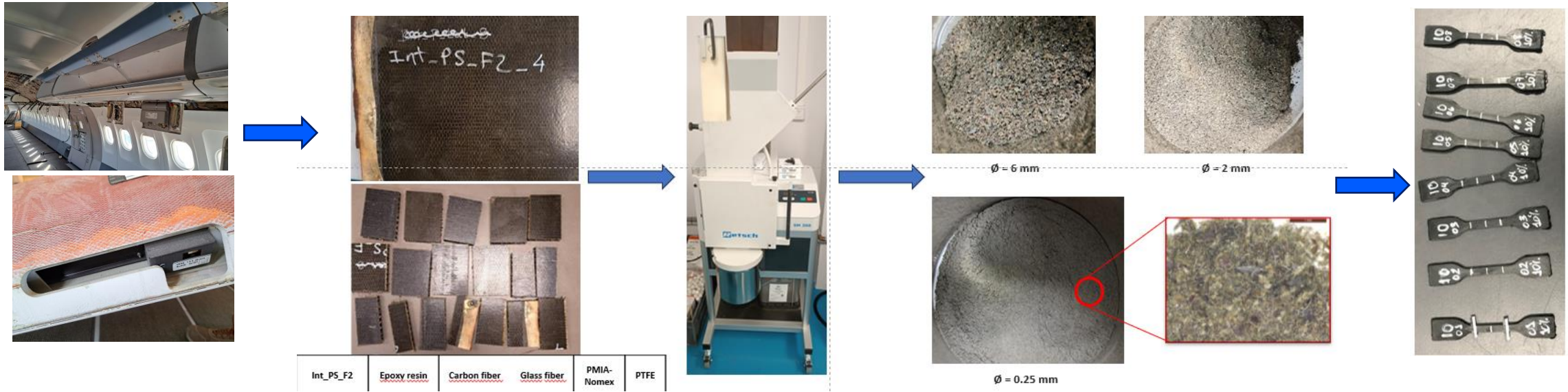
- Efecto de la variabilidad en el procesado
- Efecto de la variabilidad en las propiedades mecánicas

¿Cuándo no se puede separar?

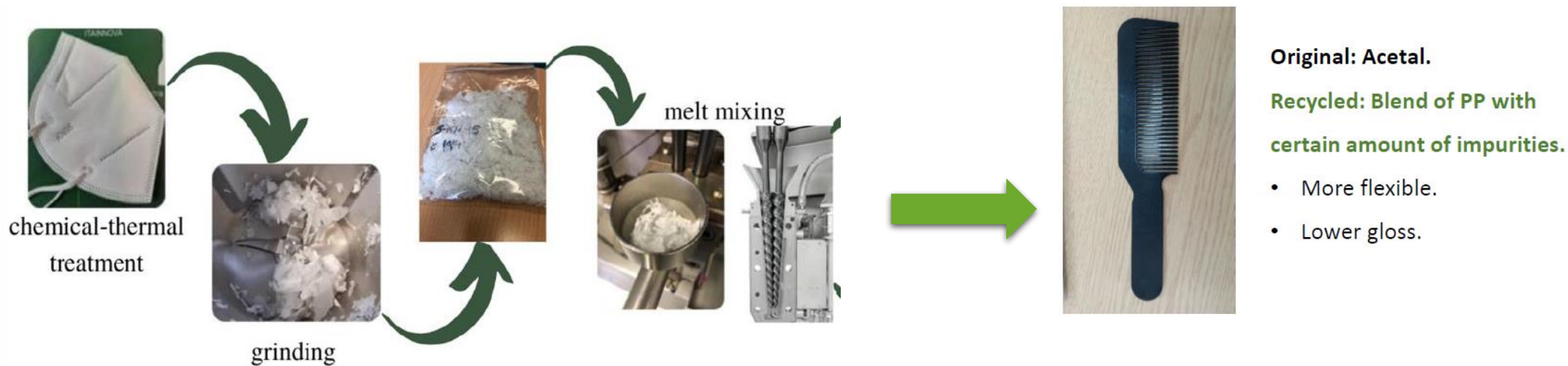
Reciclado mecánico



“POLVO de AVION” COMO REFUERZO de POLIMEROS



NUEVOS PRODUCTOS APROVECHANDO MEZCLAS



1. Production Rejects



2. Grinding

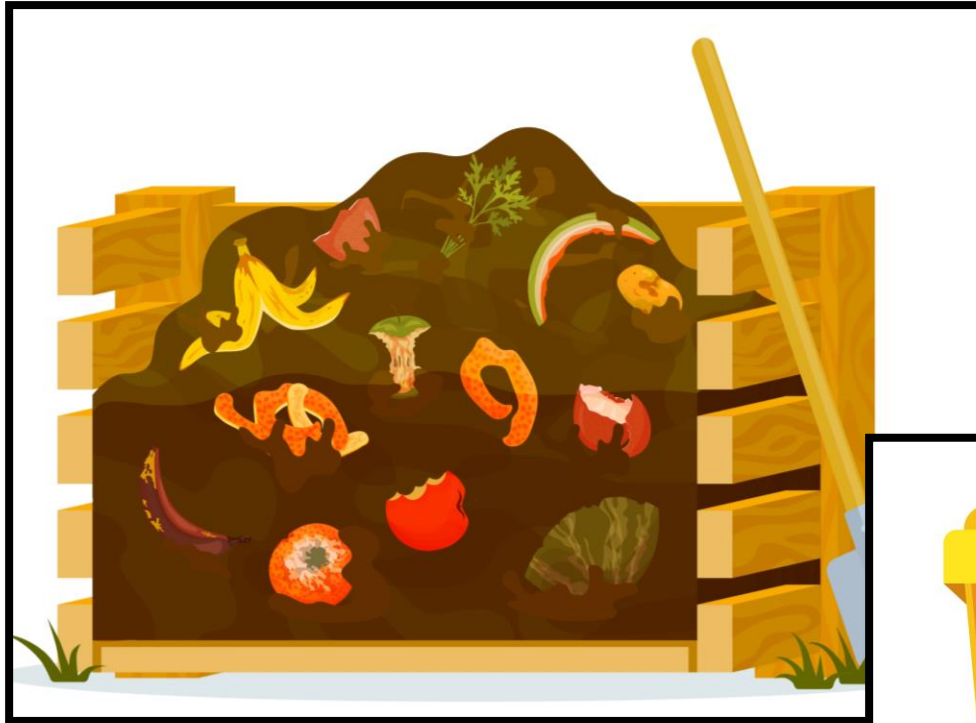


3. Extrusion



¿Y los bioplásticos?

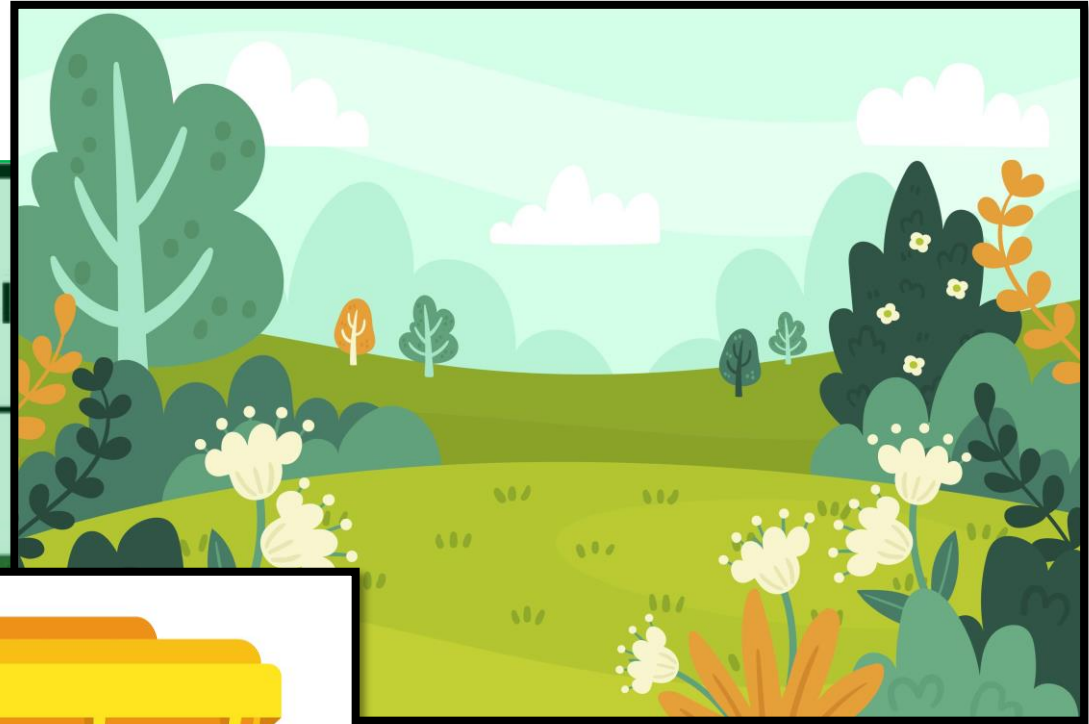
BIOPLASTICOS



- Biobased PET
- Polytrimethylene terephthalate (PTT)

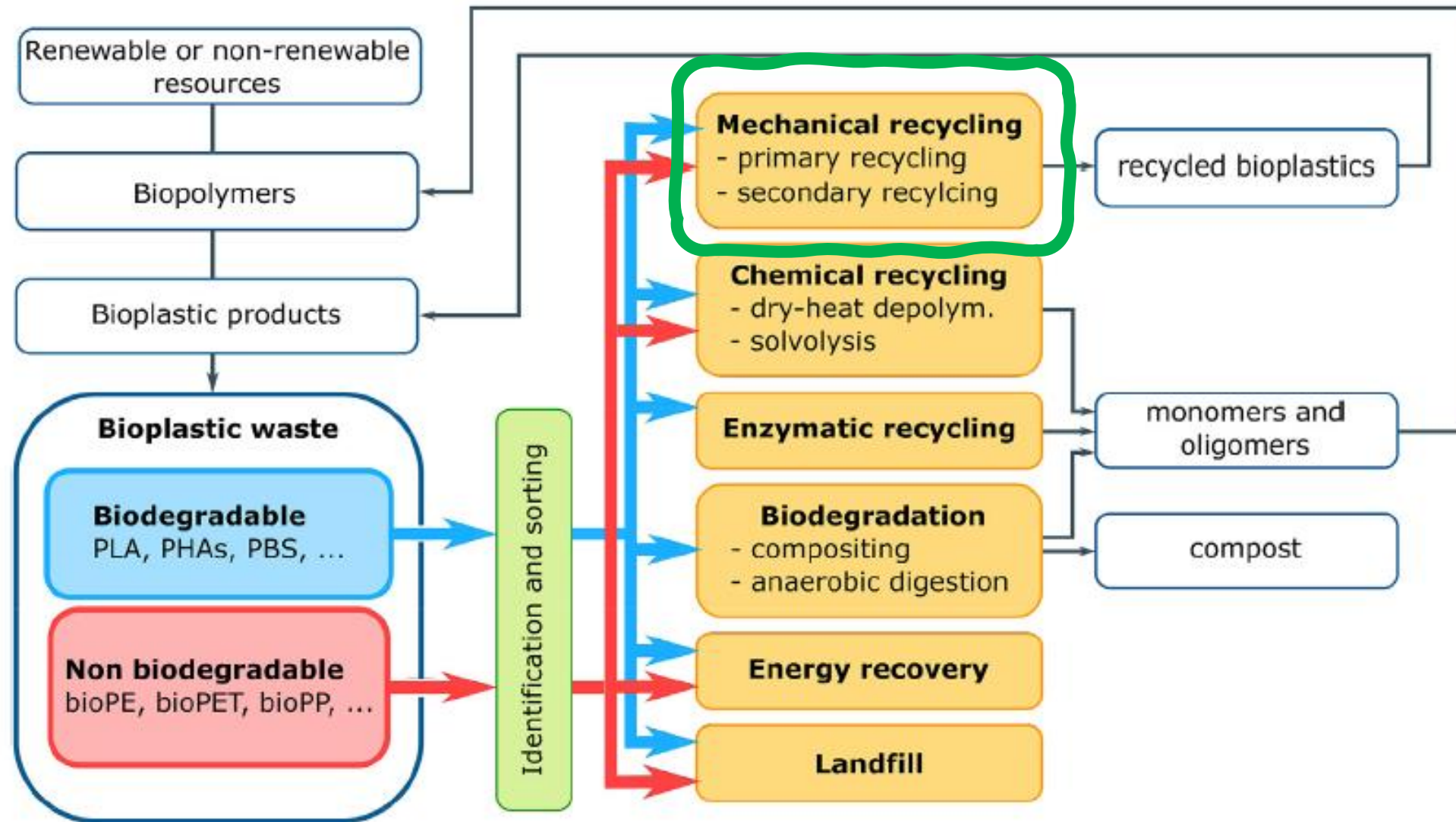
- Polyhydroxybutyrate (PHB)
- Polyhydroxyvalerate (PHBV)
- PHB co-polyesters (PHBV)
- BioPBS
- Biomass
- Wheat/plastic
- plant and
- Cellulose

Biopl



- Polypropylene (PP)
- Polyvinyl chloride (PVC)
- Polystyrene (PS)
- Polyethylene terephthalate (PET)
- Polyurethane (PU)
- Polyamide (PA) etc.

BIOPLASTICOS



BIOPLASTICOS-RECICLADO MECÁNICO



Circularidad mediante el diseño, desarrollar productos de base biológica nuevos y avanzados.

Optimización de la fabricación de productos con materiales de base biológica, ajuste fino de la composición del material y los procesos (extrusión, fabricación aditiva a gran escala, moldeo por compresión).



Uso de tecnologías de gemelos digitales mejorará el desarrollo de materiales y productos, optimizará los procesos de fabricación y mejorará la calidad de la producción.

BIOPLASTICOS-RECICLADO MECÁNICO



Reciclabilidad de PLA utilizado en la fabricación de mobiliario urbano con 3D printing

Influencia de UV, envejecimiento del material tras uso

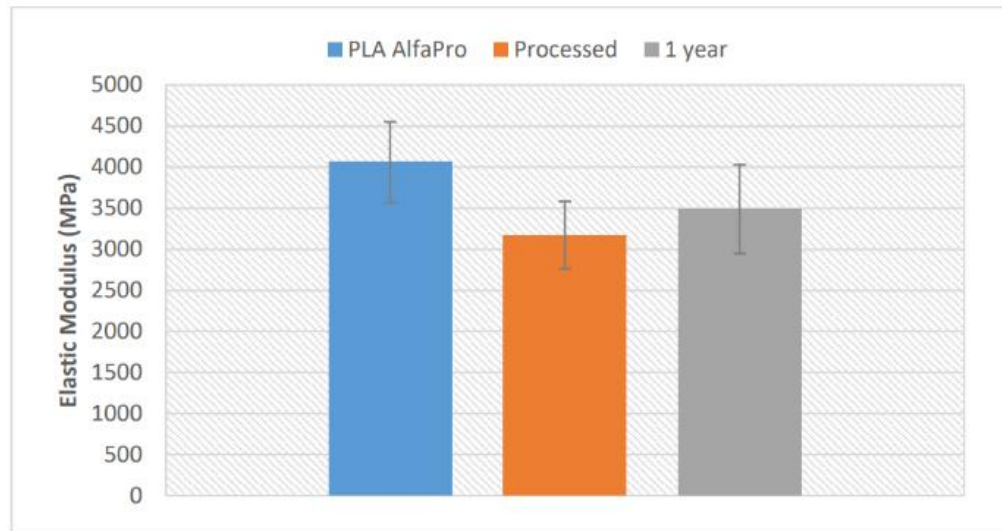


Figure 37. Evaluation of mechanical parameters of tested specimens. Elastic modulus

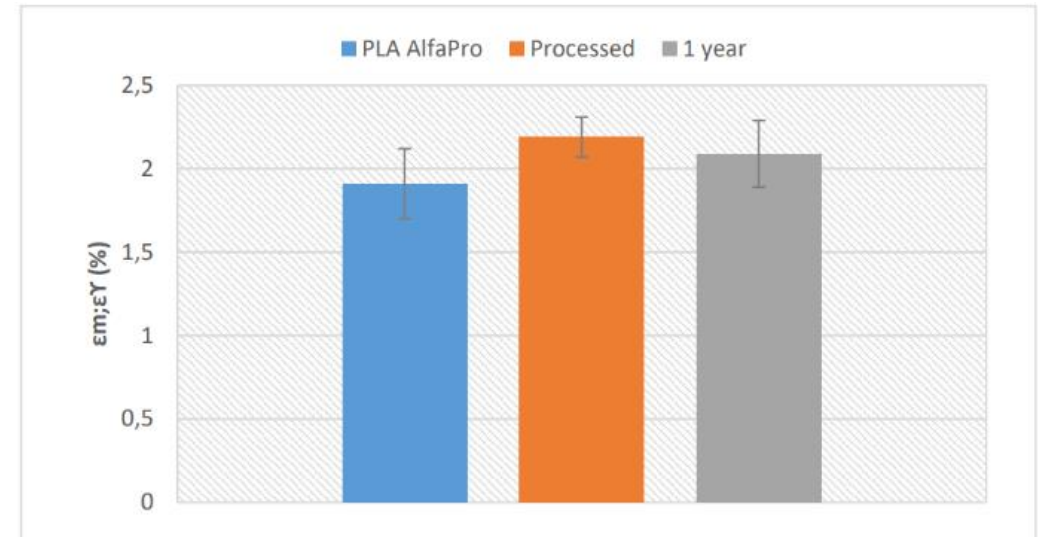
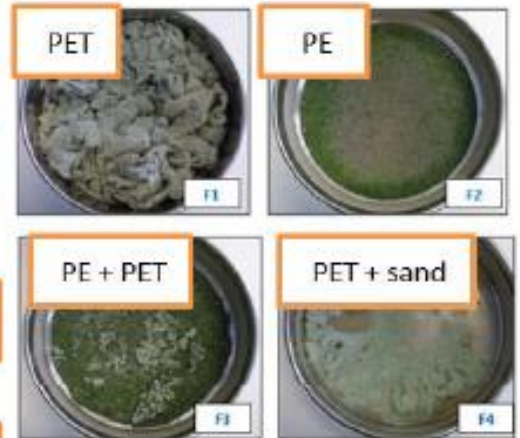
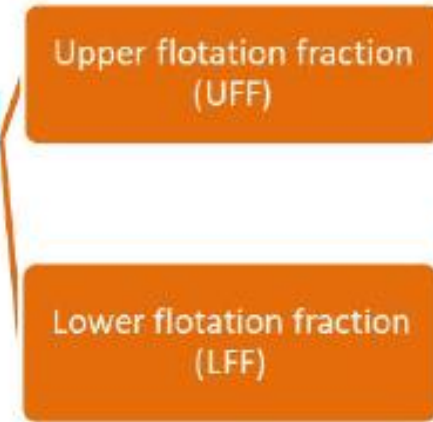
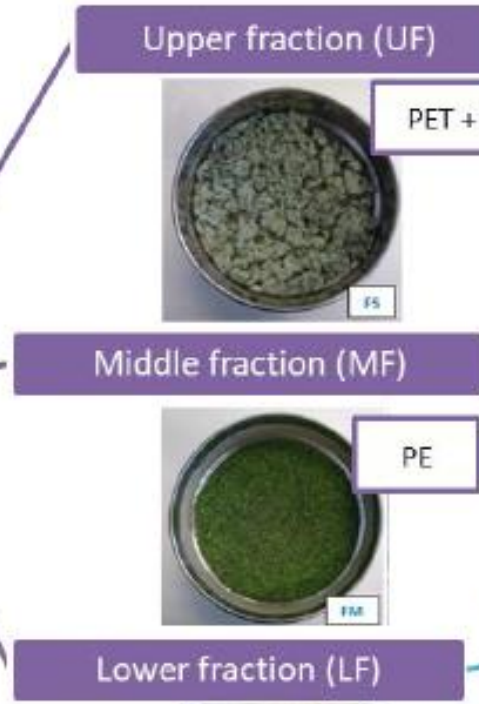
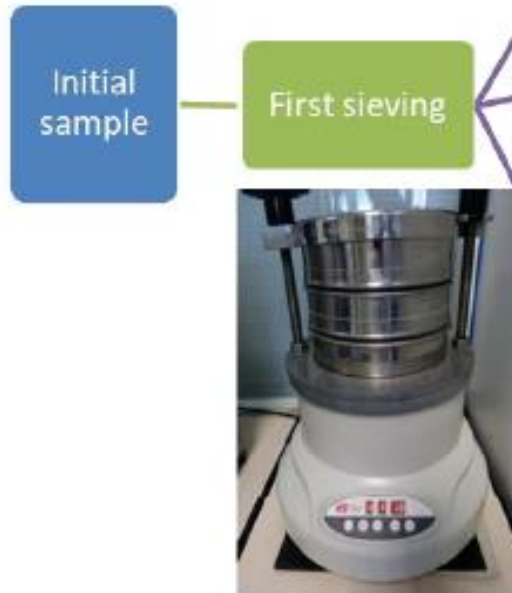


Figure 39. Evaluation of mechanical parameters of tested specimens. Deformation at the peak.

BIOPLASTICOS-RECICLADO MECÁNICO



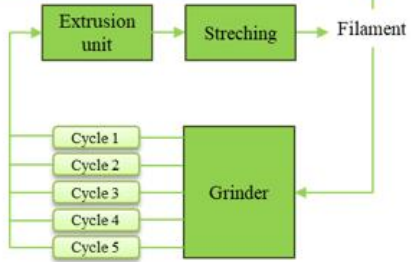
BIOPLASTICOS-RECICLADO MECÁNICO



Funded by the
European Union

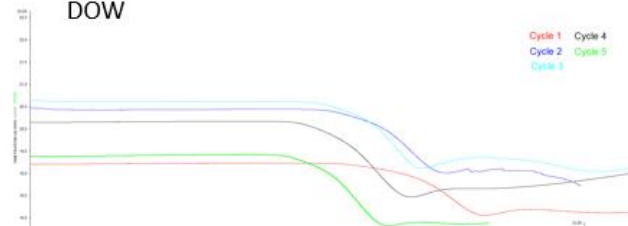
Oxidative-induction time
by DSC

Tensile
tests

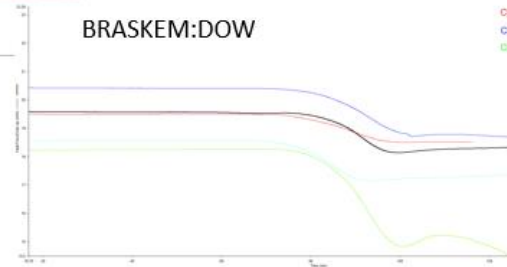


Cycles INEOS	IOT (min)	Cycles DOW	IOT (min)	Cycles BRASKEM:DOW	IOT (min)
1	64,98	1	131,17	1	60,95
		2	118,7	2	66,26
		3	112,98	3	67,83
		4	108,25	4	60,99
		5	102,29	5	65,97

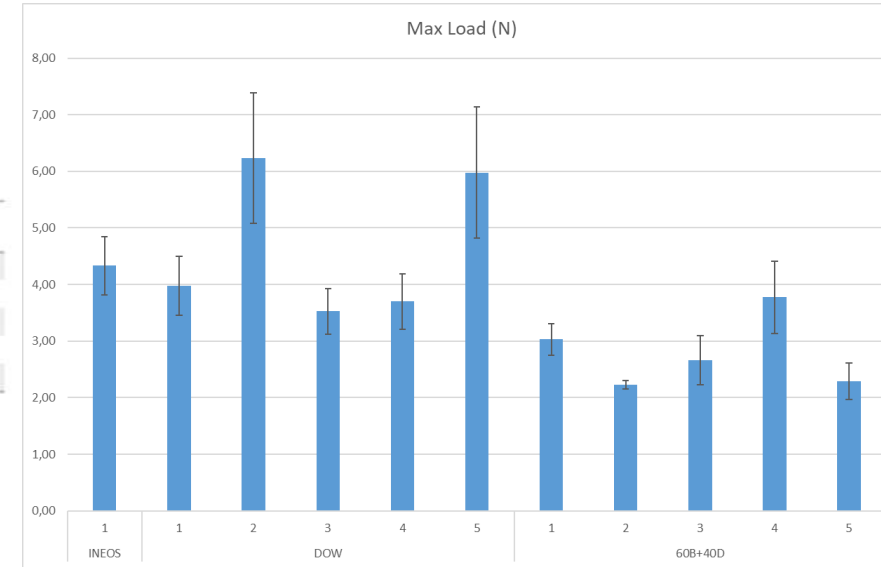
DOW



BRASKEM:DOW



Max Load (N)

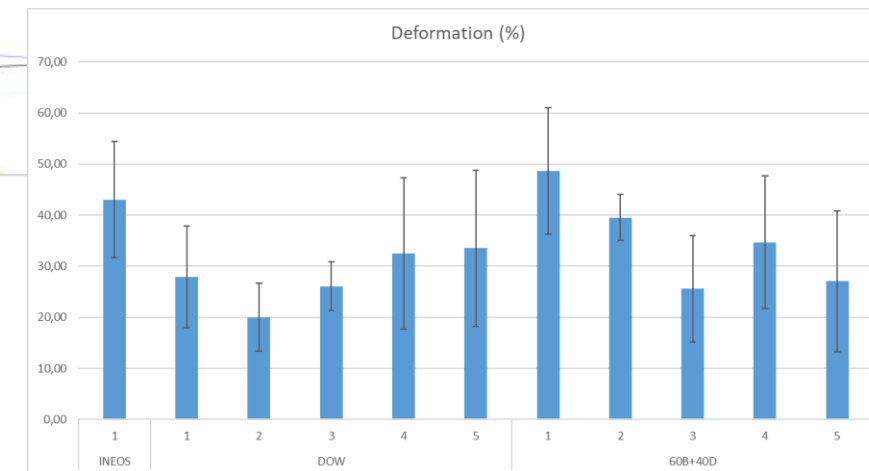


extrusion unit

collection unit

stretching unit

Deformation (%)



BIOPLASTICOS-RECICLADO MECÁNICO



Journal of Environmental Management 216 (2018) 25–31

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman



Research article

Effect of simulated mechanical recycling processes on the structure and properties of poly(lactic acid)

F.R. Beltrán^a, V. Lorenzo^a, J. Acosta^b, M.U. de la Orden^a, J. Martínez Urreaga^{a,*}

^a Dpto. Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente, Grupo "Polímeros, Caracterización y Aplicaciones", Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S.I. Industriales, Madrid, 28006, Spain
^b Dpto. Mecánica, Química y Diseño Industrial, Universidad Politécnica de Madrid, E.T.S.I. Diseño Industrial, Madrid, 28012, Spain

ARTICLE INFO

Article history:
Received 17 January 2017
Received in revised form 4 April 2017
Accepted 7 May 2017
Available online 12 May 2017

Keywords:
Poly(lactic acid)
Mechanical recycling
Structure
Optical properties
Mechanical proper
Gas barrier proper



Waste Management 185 (2024) 1–9

Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

Research Paper

Impact of bioplastic contamination on the mechanical recycling of conventional plastics

Michael J. Staplevan^a, Ashley J. Ansari^{a,b}, Aziz Ahmed^c, Faisal I. Hai^{a,*}

^a Strategic Water Infrastructure Laboratory, School of Civil, Mining, Environmental and Architectural Engineering, University of Wollongong, Wollongong, NSW 2522, Australia

^b Centre for Technology in Water and Wastewater, School of Civil and Environmental Engineering, University of Technology Sydney, NSW 2007, Australia

^c School of Civil, Mining, Environmental and Architectural Engineering, University of Wollongong, Wollongong, NSW 2522, Australia

ARTICLE INFO

Keywords:
Bioplastic
Plastic recycling
Contamination
Circular economy

ABSTRACT

Quality assurance of a recycled product is currently one of the biggest issues that the plastic recycling industry faces. The purity of the input plastic waste stream has significant influence over the quality of the recycled product. This research evaluated the impact of polylactic acid (PLA) contamination within the input waste stream of high-density polyethylene (HDPE) recycling. The ultimate tensile strength was noted to reduce by 50% when PLA contamination was at 10%. An investigation into the effect that UVA radiation (simulating solar radiation) has on HDPE contaminated with PLA was also performed to determine the long-term effect of the bioplastic contamination. After UVA treatment, the ultimate tensile strength was reported to reduce by 51% when PLA contamination was only at 2.5%. A water contact angle analysis indicated the PLA contamination increased the hydrophilic nature of the HDPE sheets, potentially creating issues if the intended use of the recycled product was to store liquids. Microscopic analysis of the HDPE sheets contaminated with PLA showed deformations, ridges, cracks, and holes appear on the surface due to the immiscibility of the two polymers that was confirmed by FTIR analysis. Colour changes were visibly noted, with UVA exposure increasing the rate of colour change. Based on the findings in this study, PLA contamination of even 1% in a HDPE waste stream would significantly reduce the quality of the recycled product.

Advanced Industrial and Engineering Polymer Research 4 (2021) 159–177

KINGFA
INNOVATION CHANGE LIFE

Contents lists available at ScienceDirect
Advanced Industrial and Engineering Polymer Research

journal homepage: <http://www.keaipublishing.com/aiepr>



Recycling of bioplastic waste: A review

Giulia Fredi, Andrea Dorigato^{*}

University of Trento, Department of Industrial Engineering and INSTM Research

ARTICLE INFO

Article history:
Received 10 May 2021
Received in revised form 10 May 2021

ABSTRACT

Replacing conventional does not necessarily truly sustainable end-of-life strategies. biodegradability, bioplastics such polypropylene (b tion is often seen aimed at recovery while this is spe recycling, which bioplastics product to come. It is vit © 2021 Kingfa S Commu

polymers

Review

Carbon Recycling of High Value Bioplastics: A Route to a Zero-Waste Future

Matthew Keith¹, Martin Koller² and Maximilian Lackner^{3,4,*}

¹ School of Chemical Engineering, University of Birmingham, Birmingham B15 2TT, UK; m.j.keith@bham.ac.uk
² Institute of Chemistry, NAWI Graz, University of Graz, 8010 Graz, Austria; martin.koller@uni-graz.at
³ GoPhIA, Oudebrugsteeg 9, 1012 JN Amsterdam, The Netherlands
⁴ University of Applied Sciences Technikum Wien, Hoehstaedtplatz 6, 1200 Vienna, Austria
Correspondence: maximilian.lackner@gophia.org or maximilian.lackner@technikum-wien.at; Tel.: +43-68181826762

Abstract: Today, 98% of all plastics are fossil-based and non-biodegradable, and globally, only 9% are recycled. Microplastic and nanoplastic pollution is just beginning to be understood. As the global demand for sustainable alternatives to conventional plastics continues to rise, biobased and biodegradable plastics have emerged as a promising solution. This review article delves into the pivotal concept of carbon recycling as a pathway towards achieving a zero-waste future through the production and utilization of high-value bioplastics. The review comprehensively explores the current state of bioplastics (biobased and/or biodegradable materials), emphasizing the importance of carbon-neutral and circular approaches in their lifecycle. Today, bioplastics are chiefly used in low-value applications, such as packaging and single-use items. This article sheds light on value-added applications, like longer-lasting components and products, and demanding properties, for which bioplastics are increasingly being deployed. Based on the waste hierarchy paradigm—reduce, reuse, recycle—different use cases and end-of-life scenarios for materials will be described, including technological options for recycling, from mechanical to chemical methods. A special emphasis on common bioplastics—TPS, PLA, PHAs—as well as a discussion of composites, is provided. While it is acknowledged that the current plastics (waste) crisis stems largely from mismanagement, it needs to be stated that a radical solution must come from the core material side, including the intrinsic properties of the polymers and their formulations. The manner in which the cascaded use of bioplastics, labeling, legislation, recycling technologies, and consumer awareness can contribute to a zero-waste future for plastics is the core topics of this article.

Keywords: PHA (polyhydroxyalkanoates); externalized costs; plastics; substitutes; alternatives; biodegradation; recycling; waste management; circular economy; biopolymers

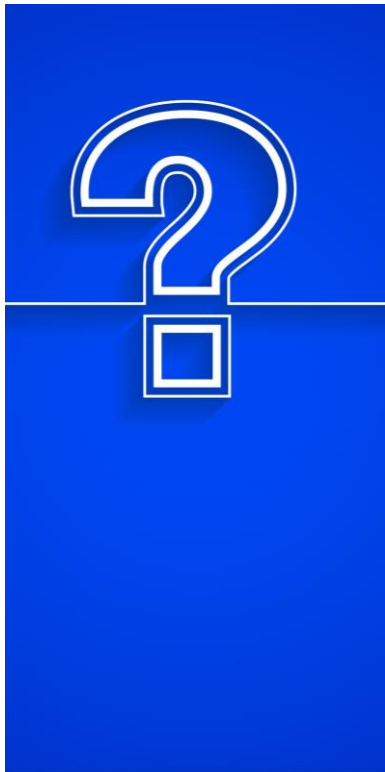


Citation: Keith, M.; Koller, M.; Lackner, M. Carbon Recycling of High Value Bioplastics: A Route to a Zero-Waste Future. *Polymers* 2024, 16, 1621. <https://doi.org/10.3390/polym16121621>

Academic Editors: Justyna

BIOPLASTICOS-RECICLADO

Aumento producción / consumo bioplásticos



- Metodología de recogida
- Sistemas de separación
- Evitar pérdida de propiedades → secado previo → consumo energético



¿Hablamos?