



aitex®
textile research institute

PLABITEX

I+D para la mejora de
propiedades
mecánicas y térmicas
de polímeros de origen
bio y su aplicación en
estructuras textiles





Contenido

1. Ficha técnica del proyecto	3
2. Antecedentes y motivaciones	4
3. Objetivos del proyecto	6
4. Plan de trabajo.....	7
5. Resultados obtenidos	13
Resultados de la caracterización térmica	14
Fabricación de probetas y prototipos.....	14
Resultados obtenidos tras la caracterización mecánica	16
Desarrollo de prototipos	18
6. Impacto empresarial	22
7. Colaboradores externos destacados	23



1. Ficha técnica del proyecto

Nº EXPEDIENTE	IMAMCI/2021/1
TÍTULO COMPLETO	I+D para la mejora de propiedades mecánicas y térmicas de polímeros de origen bio y su aplicación en estructuras textiles
PROGRAMA	Plan de Actividades de Carácter no Económico 2021
ANUALIDAD	2021
PARTICIPANTES	(SI PROCEDE)
COORDINADOR	(SI PROCEDE)
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL www.ivace.es
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870



**GENERALITAT
VALENCIANA**



INSTITUTO VALENCIANO DE
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius i Treball, a través de IVACE (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial)



2. Antecedentes y motivaciones

Actualmente el uso de polímeros de origen bio está creciendo en muchos sectores industriales, esta gran demanda obliga a estos materiales a igualarse en prestaciones ante los polímeros termoplásticos más utilizados. La gran versatilidad de uso convierte a los biopolímeros en una gran apuesta para ser introducidos en los procesos de manufactura de termoplásticos actuales y con el tiempo poder sustituir a los polímeros convencionales, obtenidos a partir de recursos no renovables, lo que provocará la reducción de la huella ambiental producida por la fabricación de productos plásticos (*fuentes: Global Biopolymers, Bioplastics news*).

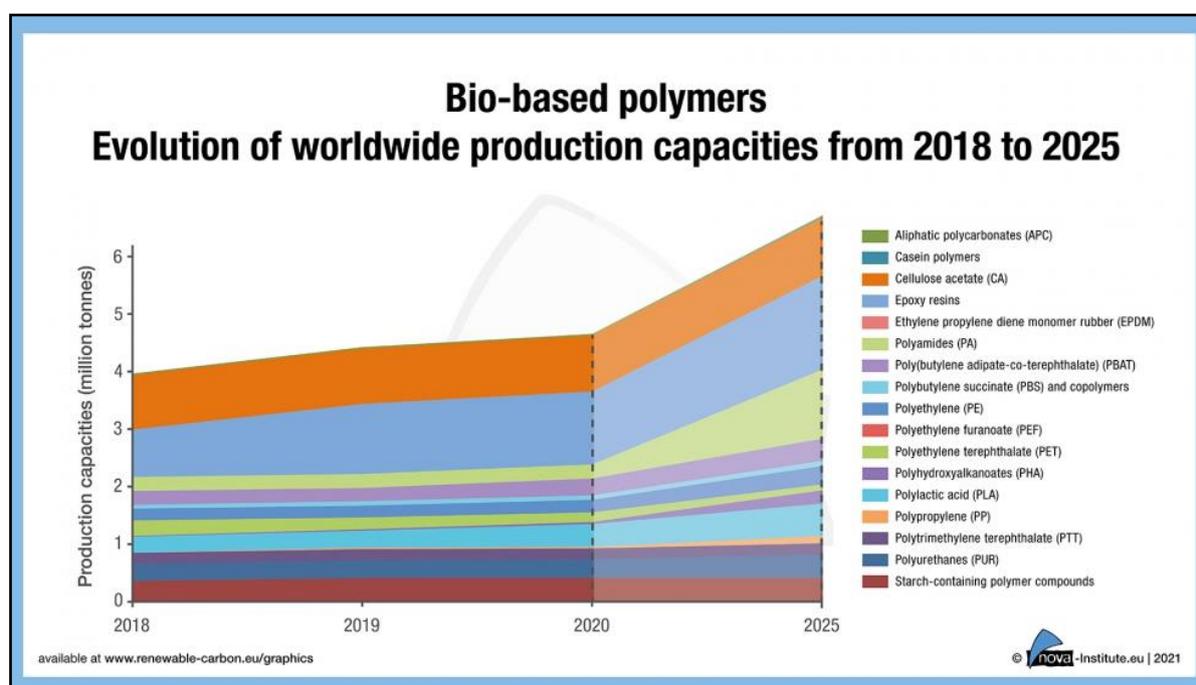


Figura 1. Tendencia en la evolución del uso y producción de polímeros (*fuentes: Prime Biopolymers*).

El hecho de introducir los biomateriales en procesos de manufactura a escala industrial conlleva el tener que adaptar su estructura a las exigencias y requisitos de las empresas, por lo que la incorporación de aditivos a la estructura de los biopolímeros es necesaria para llegar a proporcionar unas propiedades mejoradas que garanticen el correcto desempeño de este tipo de materiales en la producción de piezas poliméricas. Procesos de fabricación como la impresión 3D y sectores industriales como el textil, en los que el uso de biopolímeros está muy extendido, proporcionan información sobre las características de estos materiales. Otros procesos como la Inyección, donde el uso de los biopolímeros empieza a aumentar, se puede ver beneficiado por la incorporación de estos materiales, obteniendo piezas con altas prestaciones y un gran valor añadido (*fuentes: informe "Bioplastics & Biopolymers Market by Type (Non-Biodegradable/Bio-Based, Biodegradable), End-Use Industry (Packaging, Consumer Goods, Automotive & Transportation, Textiles, Agriculture & Horticulture), Region - Global Forecast to 2026"*).

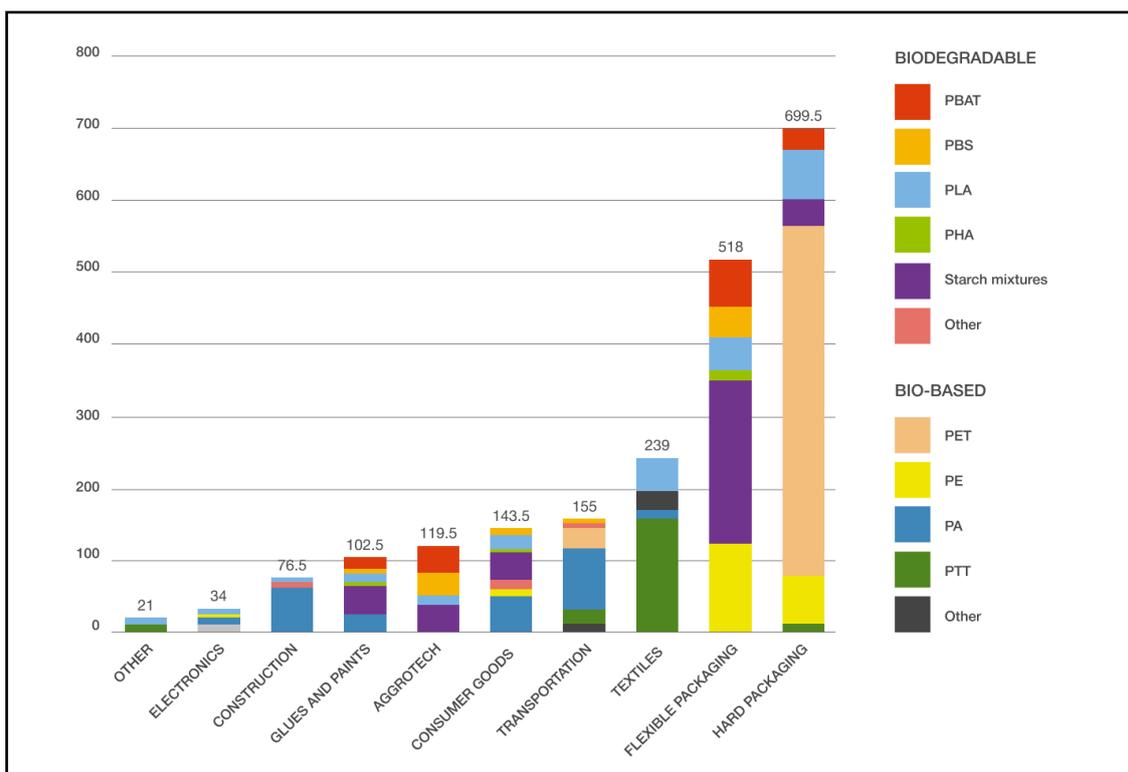


Figura 2. Uso de polímeros en los diferentes sectores industriales, en miles de toneladas al año (fuente: European Bioplastics)

La sustitución de los polímeros actuales por termoplásticos obtenidos a partir de recursos renovables y su rápida introducción en la industria es clave en la lucha contra el cambio climático. El uso extendido de los productos plásticos y el gran impacto que estos presentan para el medio requiere de una actuación inmediata, es por esto por lo que el uso de los biomateriales adquiere gran importancia, con el fin de iniciar un cambio necesario para el planeta y para las personas.



3. Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto PLABITEX es el de mejorar las propiedades térmicas y mecánicas de los biopolímeros mediante la incorporación de aditivos u otros polímeros a su estructura, con el fin de aumentar su involucración en la industria. El estudio se centra en la sustitución de los polímeros obtenidos de fuentes no renovables por los biopolímeros en sectores como la inyección de termoplásticos y el textil entre otros.



4. Plan de trabajo

Incluir el cronograma del proyecto, así como los paquetes de trabajo realizados y las tareas llevadas a cabo en cada paquete de trabajo.

PAQUETES DE TRABAJO DEL PROYECTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PT0. GESTIÓN Y COORDINACIÓN DEL PROYECTO (<10% horas)												
ACTIVIDAD 0.1. Gestión y seguimiento del Proyecto.												
PT 1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA												
ACTIVIDAD 1.1. Preparación de la propuesta técnico-económica												
ACTIVIDAD 1.2. Definición de los recursos necesarios												
ACTIVIDAD 1.3. Definición del plan de comunicación												
ACTIVIDAD 1.4. Definición de los prototipos a realizar												
ACTIVIDAD 1.5. Definición de los niveles de partida y niveles objetivo												
PT 2. EJECUCIÓN TÉCNICA												
ACTIVIDAD 2.1. Estado del arte y viabilidad técnica												♦
ACTIVIDAD 2.2. Experimento biopolímeros funcionalizados												
Tarea 2.2.1. Funcionalización de materiales												
Tarea 2.2.2. Hilatura monofilamento												
Tarea 2.2.3. Fabricación de probetas												
Tarea 2.2.4. Fabricación de prototipos												
ACTIVIDAD 2.3. Experimento estructuras textiles												
Tarea 2.3.1. Hilatura multifilamento												
Tarea 2.3.2. Texturizado de hilos												
Tarea 2.3.3. Torcido de hilos												
Tarea 2.3.4. Fabricación de tejidos												
Tarea 2.3.5. Tintura de muestras												
ACTIVIDAD 2.4. Caracterización biopolímeros funcionalizados												♦
Tarea 2.4.1. Caracterización de los materiales adquiridos												
Tarea 2.4.2. Caracterización de probetas												
Tarea 2.4.3. Simulación de prototipos												
ACTIVIDAD 2.5. Caracterización estructuras textiles												♦
Tarea 2.5.1. Caracterización de hilos												
Tarea 2.5.2. Caracterización de tejidos												
ACTIVIDAD 2.6. Análisis y reingeniería												
ACTIVIDAD 2.7. Coordinación técnica y validación												
PT 3. MERCADO Y VIABILIDAD INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, TRANSFERENCIA E IMPACTO												
ACTIVIDAD 3.1. Mercado (empresas)												
ACTIVIDAD 3.2. VENT												
PT 4. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS												◊
ACTIVIDAD 4.1. Implementación del plan de comunicación/difusión												
ACTIVIDAD 4.1. Informe ejecutivo						•						
PT 5. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												♦
ACTIVIDAD 5.1. Supervisión y seguimiento del proyecto												



PT 0: GESTIÓN Y SEGUIMIENTO

ACTIVIDAD 0.1.: GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Esta actividad engloba desde la preparación y revisión de la propuesta inicial del proyecto hasta la justificación técnico-económica tras la finalización de todos los paquetes de trabajo.

PT 1: PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA

ACTIVIDAD 1.1.: PREPARACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA

En esta actividad, se definen tanto el alcance como los objetivos del proyecto. Se inicia la redacción de la memoria o ficha de aprobación del proyecto y se define el presupuesto final del mismo.

ACTIVIDAD 1.2.: DEFINICIÓN DE LOS RECURSOS NECESARIOS

Esta actividad engloba toda la definición de los recursos necesarios para la ejecución del proyecto. Así como la asignación de horas en MyAdmon y la gestión con los servicios externos y proveedores que forman parte del proyecto.

ACTIVIDAD 1.3.: DEFINICIÓN DEL PLAN DE COMUNICACIÓN

Se define el plan de comunicación o difusión del proyecto, se gestiona junto al responsable de comunicación de AITEX y el soporte DIFU-ID.

ACTIVIDAD 1.4.: DEFINICIÓN DE LOS PROTOTIPOS A REALIZAR

En esta actividad se definen los posibles prototipos a realizar en el proyecto, se gestiona el diseño con la unidad de DISEÑO AVANZADO.

ACTIVIDAD 1.5.: DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE PARTIDA Y NIVELES OBJETIVOS

Mediante la coordinación con el soporte TRANFIERE, se definen los niveles de salida y objetivos del proyecto, así como las reuniones de seguimiento mensual pertinentes.

PT 2: EJECUCIÓN TÉCNICA

ACTIVIDAD 2.1.: ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / IPR

Revisión bibliográfica y búsqueda de referencias sobre la mejora de propiedades tanto térmicas como mecánicas de polímeros bio, más concretamente sobre la aditivación a base de partículas como óxidos metálicos, minerales y otros polímeros del PLA (Ácido poliláctico). Así como la aplicación de este polímero en procesos textiles convencionales tales como hilatura, texturizado, tejeduría de calada y tintura.

ACTIVIDAD 2.2.: EXPERIMENTAL POLÍMEROS FUNCIONALIZADOS

Desarrollo de muestras a partir de la aditivación del PLA con diversas partículas y otros polímeros, con el fin de mejorar las propiedades térmicas y mecánicas del polímero.



Tarea 2.2.1. Funcionalización de materiales

Desarrollo de las diferentes muestras a partir de la aditivación mecánica y mezclado en fundido de varios aditivos con el PLA como matriz polimérica. Se llevan a cabo estas mezclas mediante una extrusora de doble husillo para garantizar una correcta dispersión de las partículas dentro la matriz, además de controlar la cantidad de cada uno de los componentes de la mezcla mediante el uso de dosificadores gravimétricos.

Tarea 2.2.2. Hilatura monofilamento

A partir de las mezclas realizadas en la extrusora compounding se lleva a cabo la fabricación de hilo monofilamento para impresora 3D de cada una de las muestras. La sección de los monofilamentos será continua y de tamaño adecuado para la introducción en el equipo de impresión.

Tarea 2.2.3. Fabricación de probetas

Se fabrican probetas para su posterior caracterización mediante ensayos de tracción, flexión, DTMA, dureza e impacto Charpy utilizando impresión 3D a partir de los monofilamentos fabricados en la tarea anterior e inyección de polímeros a partir de parte de la granza obtenida en el compounding.

Tarea 2.2.4. Fabricación de prototipos

Con el fin de introducir y acercar los resultados obtenidos en la ejecución del experimental de este proyecto en la industria, concretamente en el sector de la automoción, se llevan a cabo la fabricación de un prototipo a partir de cada una de las mezclas realizadas, tanto por inyección como mediante impresión 3D.

ACTIVIDAD 2.3.: EXPERIMENTAL ESTRUCTURAS TEXTILES

Esta actividad se centra en la fabricación de estructuras textiles a partir de hilos obtenidos por hilatura multifilamento y de hilos comerciales de diferentes grados de PLA, con el fin de introducirlos en la confección de prendas.

Tarea 2.3.1. Hilatura multifilamento

En esta tarea se lleva a cabo el desarrollo de hilos multifilamento a partir de la granza de PLA suministrada por los diferentes proveedores del proyecto. Se desarrollan hilos multifilamento 100% de ácido Poliláctico (PLA) variando su grosor y propiedades mecánicas.

Tarea 2.3.2. Texturizado de hilos

Durante el trascurso de esta tarea se lleva a cabo el texturizado DTY de las fibras obtenidas en la *Tarea 2.3.1. Hilatura multifilamento*. Se varían los parámetros de la maquina y la configuración de entrada de los hilos para conseguir varias muestras, con el fin de comparar sus resultados tras los ensayos de caracterización de las fibras. Además de texturizar los hilos realizados en la planta multifilamento de AITEX, se realizan varias pruebas con hilos comerciales de PLA.

Tarea 2.3.3. Torcido de hilos

De manera paralela a la *Tarea 2.3.2. Texturizado de hilos*, se lleva a cabo el torcido de los hilos (tanto los realizados en la planta multifilamento como los comerciales) variando los parámetros de la máquina y la



configuración de entrada de los hilos para obtener varias muestras con las que poder comparar los resultados tras la caracterización.

Tarea 2.3.4. Fabricación de tejidos

En esta tarea se lleva a cabo la confección de tejidos de cada una de las muestras mediante el telar de calada, se combinan varios tipos de hilos, con el fin de crear estructuras textiles simples y con las características técnicas óptimas para la confección de prendas textiles.

Tarea 2.3.5. Tintura de muestras

Se lleva a cabo el proceso de tintura en bobina mediante autoclave y en masa de las muestras realizadas y se compararán los resultados obtenidos.

ACTIVIDAD 2.4.: CARACTERIZACIÓN POLÍMEROS FUNCIONALIZADOS

Esta actividad se centra en la caracterización, tanto de los materiales adquiridos para el desarrollo del proyecto como en la de las diferentes probetas y prototipos desarrollados durante la ejecución del mismo.

Tarea 2.4.1. Caracterización de los materiales adquiridos

Se llevan a cabo ensayos térmicos como DSC (calorimetría diferencial de barrido), TGA (Termogravimetría), reología capilar y MFI (*Melt Flow Index*) con el fin de identificar las características térmicas de los materiales adquiridos y de las mezclas funcionalizadas.

Tarea 2.4.2. Caracterización de probetas

Durante la ejecución de esta tarea se caracterizan cada una de las probetas de material funcionalizado, fabricadas mediante impresión 3D e inyección, utilizando ensayos de destrucción tales como tracción, dureza, impacto, DTMA y exposición a la radiación UV y se comparan los resultados obtenidos con las de polímero sin funcionalizar.

Tarea 2.4.3. Simulación de prototipos

A partir de los datos obtenidos en la caracterización de las diferentes probetas, se lleva a cabo una simulación del comportamiento bajo condiciones de uso, utilizando programas de simulación CAM/CAE, de los prototipos fabricados en la *Tarea 2.2.4. Fabricación de prototipos*.

ACTIVIDAD 2.5.: CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAS TEXTILES

Tarea 2.5.1. Caracterización de hilos

Esta tarea está presente durante todo el transcurso del experimental, ya que se requiere de la caracterización continua de las muestras producidas durante los procesos de hilatura, texturizado y torcido para asegurar que las muestras obtenidas presenten las propiedades óptimas para su posterior procesamiento en la fabricación de tejidos. Se realizan constantes ensayos de tracción para conocer sus propiedades mecánicas, así como comprobaciones periódicas del título de los hilos que se vayan obteniendo.



Tarea 2.5.2. Caracterización de tejidos

Los tejidos son tratados una vez confeccionados de cara su uso en productos textiles de uso personal, ya que su destino será la confección de prendas.

ACTIVIDAD 2.6.: ANÁLISIS Y REINGENIERÍA

Esta actividad engloba todo lo referente al tratamiento de datos y análisis de los resultados obtenidos. Se llevan a cabo informes y entregables de cada una de las partes del experimental descritas en las actividades anteriores.

ACTIVIDAD 2.7.: COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN

En esta actividad se realiza, junto con el GESTOR, el seguimiento de los RRHH presentes en el proyecto. Así como la preparación de los contratos, desplazamientos y el control de los gastos. En general se engloban todas las actividades que forman parte de la gestión técnica y económica del proyecto.

PT 3: MERCADO Y VIABILIDAD INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, TRANSFERENCIA E IMPACTO (VIETI)

ACTIVIDAD 3.1.: MERCADO (EMPRESAS)

Junto con el soporte TRANSFIERE, se lleva a cabo un desarrollo de las necesidades y exigencias del mercado en lo referente al estudio del proyecto. Se preparan informes o fichas en las que se deben reflejar estas especificaciones o exigencias ya que servirán como punto de partida y como objetivo de la parte técnica que se va a desarrollar en el proyecto.

ACTIVIDAD 3.2.: VIETI

- Análisis de escalabilidad industrial (viabilidad industrial)
- Estudio económico de la solución propuesta; viabilidad de costes (escandallo)
- Identificación de mercado
- Valoración y cuantificación de la oportunidad del mercado/necesidad.
- Definición de atributos específicos (aproximación a la propuesta de valor)
- Desarrollo de pruebas experimentales de concepto/producto con empresas (internamente en nuestras plantas experimentales, o externamente en P.E. de colaboradores, o en la empresa a escala industrial; hay participación de empresas). (Actividad coordinada con proyecto soporte DISEÑO AVANZADO)
- Definición de la propuesta de valor / ventaja competitiva (optimización de la misma en niveles más altos)
- Definición de las opciones de transferencia y selección de la opción más adecuada.
- Identificación y medición del impacto en la empresa.
- Registro y seguimiento de indicadores de transferencia. (Actividad coordinada con proyecto soporte INTELITEX)
- Diseño y definición de la explotación de resultados en el mercado/sector.
- Validación de la solución/soluciones propuesta/s.



PT 4: COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS. INFORME EJECUTIVO

ACTIVIDAD 4.1.: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE COMUNICACIÓN/DIFUSIÓN

Esta actividad engloba todo lo referente a la difusión del proyecto y esta coordinada con los proyectos soporte DIFU-ID y DISEÑO AVANZADO.

ACTIVIDAD 4.2.: INFORME EJECUTIVO

Durante el transcurso de esta actividad se elaboran los informes ejecutivos del proyecto. Un informe ejecutivo parcial, a los 6 meses, el cual sirve como referencia para el control de los resultados que se van obteniendo y a modo de análisis de las primeras conclusiones. Al terminar el proyecto (diciembre) se elabora un informe final que reúne todos los resultados obtenidos.

PT 5: SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

ACTIVIDAD 5.1.: SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Esta actividad, que está presente durante todo el transcurso del proyecto, está coordinada por el Subdirector de I+D que llevará un control periódico de los resultados obtenidos.



5. Resultados obtenidos

El proyecto PLABITEX, cuenta con dos líneas de investigación diferenciadas que se centran en el uso del PLA (Ácido Poliláctico) como polímero base para la fabricación de diversos productos. Estas líneas abarcan desde la fabricación de prototipos funcionales de piezas por el método de la inyección de termoplásticos y la impresión 3D hasta la confección de prendas 100% de PLA. Todos los procesos en estudio mencionados tienen como objetivo principal, tal y como se comenta anteriormente, el sustituir los polímeros actuales obtenidos a partir de fuentes no renovables por productos más sostenibles y biodegradables fabricados totalmente con biopolímeros.

Referente a la primera línea de investigación, que consiste en el desarrollo de nuevos biopolímeros:

Se ha llevado a cabo la funcionalización del PLA con los diferentes aditivos mediante la planta piloto de compounding de AITEX. En total se han desarrollado las siguientes mezclas, que se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Muestras obtenidas tras el proceso de funcionalización del PLA

Funcionalización mediante aditivos en polvo	Funcionalización mediante aditivos en granza
PLA + Quercetina	PLA + BioTPE
PLA + Ácido Ferúlico	PLA + AdBio+
PLA + TiO ₂	PLA + AdBio 1
PLA + MgO	PLA + AdBio 2

Debido al grado de madurez de este estudio y teniendo en consideración la información obtenida mediante la búsqueda de estudios similares, las proporciones de aditivo empleado en cada mezcla se ha decidido en base al formato y tipo de aditivo que se presenta y la posible compatibilidad de este con la matriz polimérica, tomando como precedente la experiencia que se posee el grupo de investigación en lo que a la funcionalización de polímeros se refiere.

Por lo general, la introducción de un aditivo o carga dentro de una matriz polimérica produce, no solo un cambio en las propiedades mecánicas del material, sino también un cambio en sus propiedades térmicas y viscosas ya que influyen en la organización y el movimiento de sus cadenas internas durante los cambios de fase.

Como parte del procedimiento experimental se ha realizado una caracterización térmica previa a la introducción de las mezclas en las diferentes plantas. Esta caracterización incluye ensayos DSC (Calorimetría diferencial de barrido), reología capilar y mediciones del MFI (Melt Flow Index). Todos los ensayos térmicos se han desarrollado simulando las condiciones de temperatura a las que se van a someter los materiales durante la ejecución de los diferentes procedimientos experimentales, la cual tiene como máximo los 210°C.



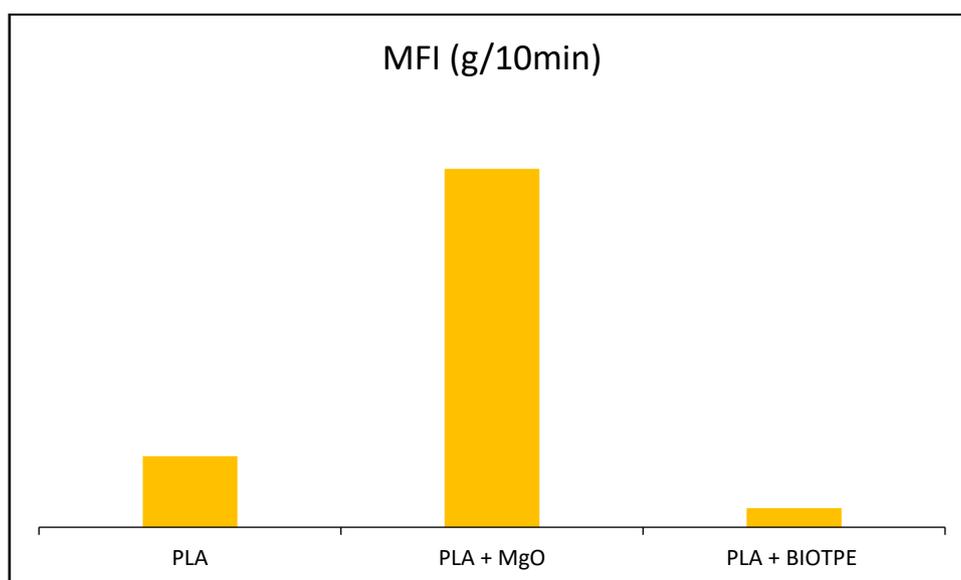
Resultados de la caracterización térmica

En cuanto a la caracterización mediante DSC, se ha realizado con el objetivo de comprobar si existía una posible degradación de los aditivos al someterlos a la temperatura de trabajo del polímero, además de observar las temperaturas características del material y su variación tras la introducción estos aditivos. No se han obtenido datos que indiquen que se llega al punto de desnaturalización de ninguno de los aditivos, por lo tanto, se entiende que las temperaturas a las que se van a someter cada uno de los materiales desarrollados no suponen riesgo de daño de ninguna de los componentes.

Con el objetivo de comprobar la variación de la fluidez y la viscosidad obtenidas a causa de la introducción de los aditivos mencionados en la matriz de PLA, se han llevado a cabo reologías y mediciones del MFI de cada una de las mezclas y se han comparado los resultados con los obtenidos tras la caracterización del PLA sin aditivar.

Como dato significativo, se ha obtenido un gran aumento de la fluidez del PLA aditivado con MgO si lo comparamos con la del PLA sin aditivar. Por el contrario, si observamos los resultados de las mezclas que contienen BioTPE, se aprecia una disminución de la fluidez respecto a la obtenida con el PLA.

Gráfica 1. Datos más relevantes obtenidos tras el MFI de las muestras.



Fabricación de probetas y prototipos

A partir de la grana de las diferentes muestras extruidas, se han desarrollado los monofilamentos para impresión 3D en la planta piloto de hilatura monofilamento, se han realizado pruebas con cada uno de los materiales para garantizar que el diámetro del filamento es el adecuado y regular a lo largo de toda su longitud, para ello se han realizado mediciones de la sección durante la producción de las muestras utilizando un reloj comparador. Mediante este método se puede garantizar que los parámetros de proceso elegidos permiten la obtención de un hilo de 1,75 mm de diámetro con una variación de la sección de ± 0.04 mm.



Figura 3. Muestras de los monofilamentos desarrollados.

Siguiendo el cronograma del proyecto, se han fabricado las diferentes probetas para los ensayos mecánicos de tracción e impacto de polímeros siguiendo las especificaciones de la normativa UNE-EN ISO 527-1:2012 y UNE-EN ISO 8256:2005 respectivamente. Estas probetas se han obtenido mediante impresión 3D e inyección con el fin de contrastar los resultados que se obtengan en cada uno de los ensayos y poder comparar cada método de fabricación empleado.

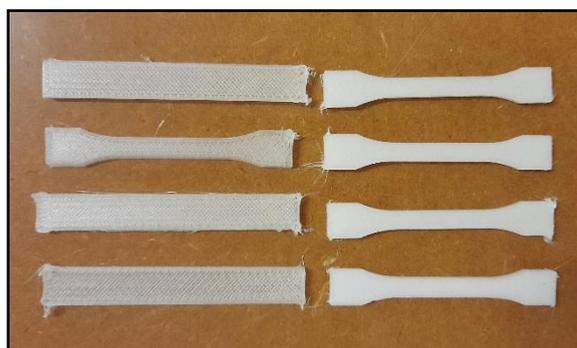


Figura 4. Muestras de las probetas normalizadas para ensayos destructivos impresas en 3D.

Previamente a la ejecución de los ensayos mecánicos, se han realizado test de envejecimiento en cámara climática para medir la resistencia de los nuevos materiales a la radiación UV debido a que algunos de los aditivos incorporados a la matriz de PLA presentan propiedades antioxidantes. Se contrastan los resultados con los obtenidos a partir de los ensayos mecánicos de las probetas de material sin envejecer. Las pruebas de envejecimiento se han realizado bajo la norma D47 1431:2011 PSA, en la que los intervalos de tiempo de exposición son de 150h y 300h, se han realizado ensayos mecánicos a las probetas a la salida de cada intervalo.

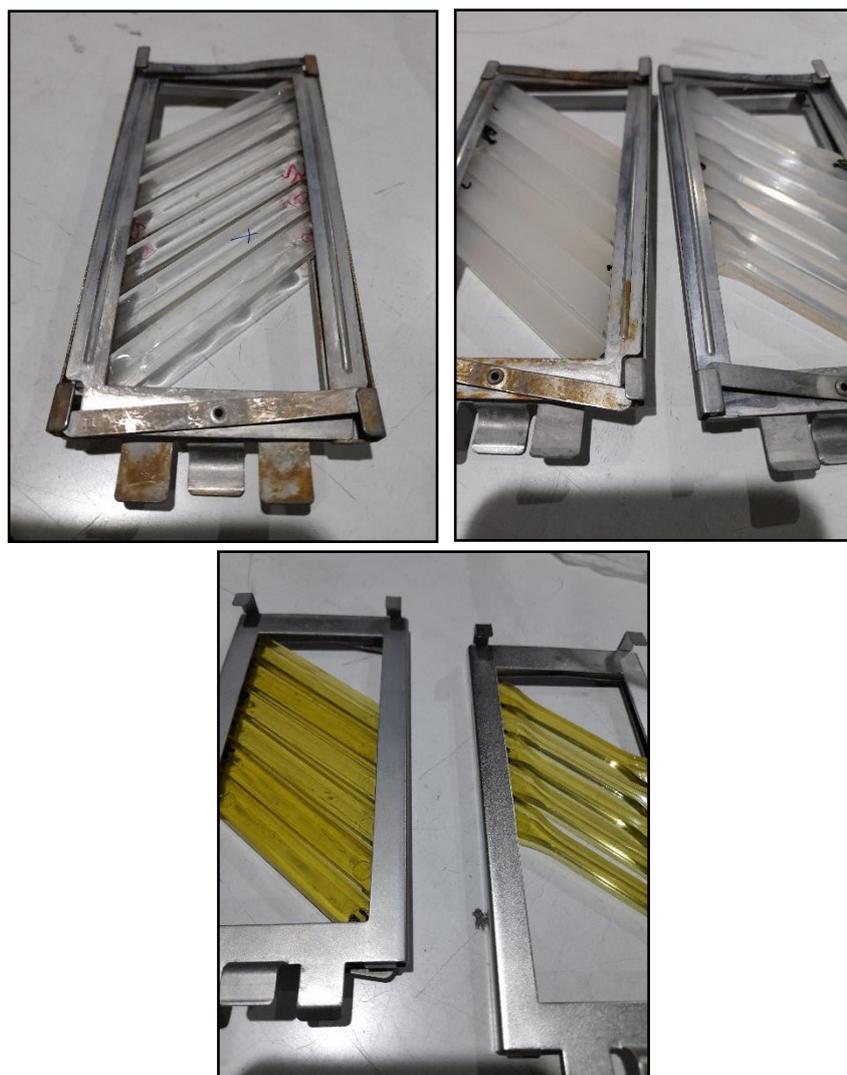


Figura 5. Porta muestras con diferentes probetas preparadas para la introducción en la cámara climática.

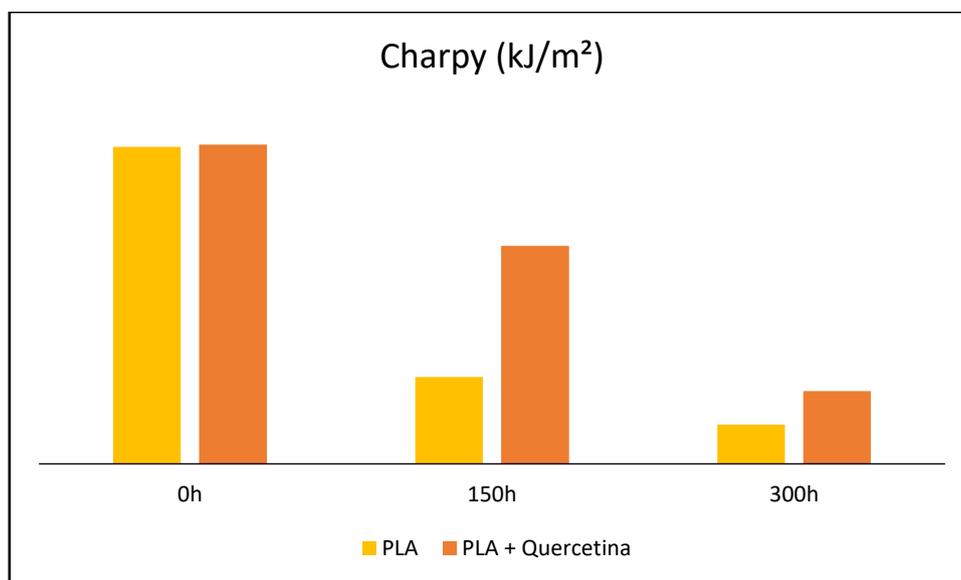
Resultados obtenidos tras la caracterización mecánica

Dentro del apartado de caracterización mecánica, se han realizado ensayos de tracción e impacto a las diferentes probetas antes y después de haber sido introducidas en la cámara climática y haber transcurrido cada uno de los intervalos de exposición marcados por la norma D47 1431:2011 PSA. El ensayo de envejecimiento solamente se ha realizado en las probetas fabricadas por inyección ya que lo que buscamos es observar el porcentaje de pérdida de resistencia que sufre cada uno de los materiales a medida que aumenta el tiempo de exposición a la radiación UV, esto es independiente de la forma y proceso de fabricación que presenten las probetas. Al ser menor el tiempo precisado para la fabricación de las probetas por inyección se decide utilizar estas para la ejecución del ensayo. Además, al ser estas probetas más resistentes, debido a las características del proceso de fabricación, que las probetas impresas en 3D, los datos obtenidos se acercan mucho más a la realidad.



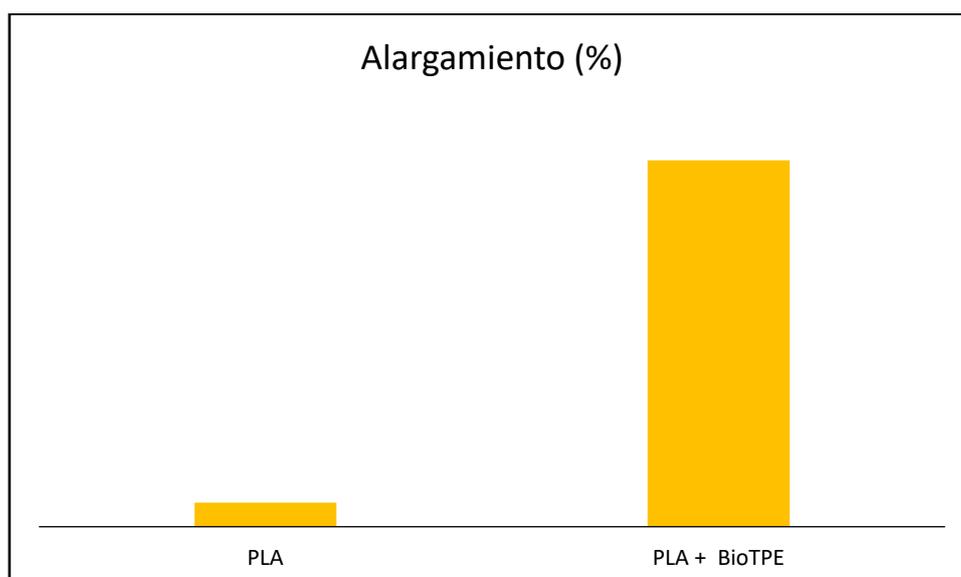
Tras los ensayos de envejecimiento se observa una gran fragilidad de las probetas, cosa que produce la rotura de las mismas al intentar sujetarlas en las mordazas del equipo de ensayos de tracción, por lo que no existen datos de este ensayo tras la exposición. Por el contrario, sí que se consiguen obtener datos de la pérdida de absorción de impacto tras el envejecimiento. Como dato significativo se puede apreciar que las probetas que contienen Quercetina (antioxidante natural) presentan un menor porcentaje de pérdida de resistencia al impacto si se comparan con las probetas de PLA sin aditivar.

Gráfica 2. Datos más significativos del ensayo de impacto tras el envejecimiento.



Además de estos resultados, también cabe destacar los datos obtenidos tras la comparación de la resistencia a la tracción de las probetas de PLA con las de PLA aditivado con BioTPE, este polímero con características de elastómero ha producido una mejora significativa en la ductilidad de la matriz polimérica.

Gráfica 3. Datos más significativos del alargamiento obtenido tras los ensayos mecánicos.



Desarrollo de prototipos

Paralelamente a la caracterización de las probetas, se han desarrollado los diferentes prototipos utilizando cada uno de los materiales obtenidos en la primera parte del experimental del proyecto, con el fin de comprobar la procesabilidad y poder compararla con el PLA din aditivar. Para la fabricación de los prototipos mediante impresión 3D se han empleado los quipos de impresión de los que dispone AITEX.

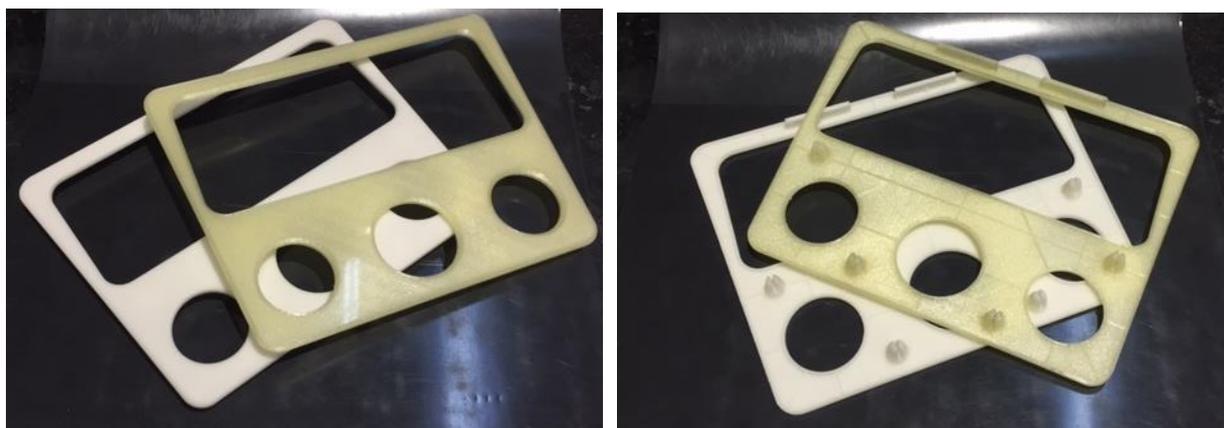


Figura 6. Prototipos fabricados mediante impresión 3D.

Los prototipos fabricados por inyección se han realizado en las instalaciones de INDUSTRIAS ALEGRE, uno de los colaboradores principales del proyecto. Utilizando plantas de inyección de carácter industrial y en el que además de obtener piezas funcionales, se ha corroborado la viabilidad de estos nuevos materiales en procesos industriales cumpliendo, de este modo, con uno de los objetivos principales que se planteaban para este proyecto.



Figura 7. Prototipos fabricados mediante inyección.

Para el caso de la línea que engloba el desarrollo de productos textiles 100% de PLA, se han llevado a cabo pruebas de hilatura multifilamento en la planta piloto de hilatura por fusión de AITEX que posteriormente han sido texturizados mediante la planta de texturizado DTY.



Los multifilamentos producidos presentan las características necesarias para poder ser introducidas en los procesos posteriores a la hilatura como son el texturizado y la tejeduría, en este caso de calada. En cuanto a la procesabilidad del material y las características de los hilos obtenidos, encontramos que el material no difiere en mayor medida de la que presenta un polímero convencional como el Poliéster (PES), que es el más utilizado en el sector textil actualmente. Si bien, los parámetros para obtener un hilo de carácter POY (hilo parcialmente estirado) sí que distan de los utilizados con el PES siendo ambos polímeros pertenecientes a la familia de los poliésteres, se han obtenido muestra de hilo que por sus características técnicas serían capaces de sustituir a las fibras sintéticas de PES en el mercado.



Figura 8. Bobinas de multifilamento de PLA obtenidas tras la hilatura y el texturizado DTY.

Se han fabricado tejidos de calada utilizando diferentes configuraciones de ligamentos y empleando tanto los hilos desarrollados en AITEX como hilos comerciales de PLA. Estas estructuras textiles se han creado con el fin de simular los tejidos que podemos encontrar en la actualidad, por lo que los ligamentos más empleados son el tafetán, la sarga 2/1 y el raso. Como resultado, se han obtenido tejidos con diferentes espesores y propiedades, en los que se han variado el número de pasadas y el título de los hilos empleados tanto en su trama como en la fabricación de los urdidos.

Cabe destacar que el proceso de tejeduría se ha llevado sin encontrar dificultades de procesabilidad del producto. Estos datos son muy favorables en lo referente a la escalabilidad del proceso a un sistema de producción más industrial.





Figura 9. Muestras de los tejidos 100% de PLA desarrollados mediante tejeduría de calada.

A la fabricación de tejidos en crudo utilizando fibras 100% de PLA, se suman las pruebas de tintura en bobina mediante autoclave. Para este procedimiento se han realizado varias pruebas de texturizado DTY a los hilos multifilamento, obtenidos en las primeras producciones y utilizados en la producción de los tejidos crudos, para el ajuste de parámetros y la obtención de bobinas con las características óptimas para ser introducidas en la autoclave.

Se ha prestado especial atención a la tensión de bobinado y al ángulo de bobinado de las muestras, ya que estos son unos de los principales parámetros a controlar. Estos parámetros influyen directamente en el comportamiento del hilo y de los paquetes (bobinas de tintura) durante el proceso de tintado, permitiendo el paso del tinte en sus diferentes direcciones de flujo y la contracción y relajación del hilo bobinado al aplicar las diferentes rampas de temperatura del proceso.

Se han realizado pruebas utilizando tintes comerciales, aunque no se ha conseguido obtener un buen resultado. El material contrae de manera muy brusca y no permite el correcto flujo del tinte por el interior del paquete, además la contracción es tal que al final del proceso las bobinas aparecen dañadas y el hilo se rompe a causa de la tensión. Estos resultados nos llevan a la conclusión de que todavía estamos lejos de obtener un producto, utilizando este tipo de procesos, con las características óptimas y que pueda competir con los que actualmente podemos encontrar en el mercado.



Figura 10. Bobinas de PLA tras el proceso de tintura en autoclave.

Uno de los objetivos presentes para esta línea del proyecto era la de comparar la solidez obtenida mediante la tintura del PLA en masa y el PLA en bobina mediante autoclave. Por este motivo se han realizado pruebas



de tintura en masa en la que se han obtenido hilos de color de este material con los que se han realizado varios tejidos. Mediante la tintura en masa se han podido obtener varias muestras que, junto a los tejidos en crudo, se han empleado en la confección de los diferentes prototipos textiles.



Figura 11. Tejido realizado a partir de hilo de PLA tintado en masa.

Las futuras acciones se centrarán en el proceso de tintado mediante el uso de tintes específicos para este tipo de material (PLA), para ello se utilizará la autoclave de la que dispone AITEX. En este proceso será clave el desarrollo de bobinas de hilo texturizado que presenten la densidad, forma y tensión adecuadas para que el proceso de tintura sea óptimo.



6. Impacto empresarial

El proyecto PLABITEX, gracias a los resultados obtenidos y en vista de la posible introducción de este estudio en gran cantidad de sectores, continuará sus investigaciones dentro de la involucración del PLA (Ácido Poliláctico) en las tecnologías de manufactura del plástico actuales.

Desde su inicio, este proyecto ha despertado el interés de las empresas del sector. Tratándose de una apuesta por la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental de sus productos, se abren las puertas a futuras colaboraciones en este ámbito. Fruto de ello es el interés que ha depositado en el proyecto la empresa INDUSTRIAS ALEGRE S.A.

La colaboración con INDUSTRIAS ALEGRE S.A. parte del interés mostrado en la investigación y en la necesidad y creencia de la empresa en introducir nuevos materiales en el sector de la inyección. Se inicia la colaboración del proyecto mediante la firma de una CARTA DE INTERÉS, en la que se expone la objetivo y la necesidad a resolver del proyecto PLABITEX cuyos resultados obtenidos son de gran interés para la empresa. Además, se incluye una colaboración como servicio en el que la empresa cede sus instalaciones para realizar actividades experimentales a modo de prototipado y de prueba de concepto a escala industrial.

Las pruebas en las plantas de inyección de INDUSTRIAS ALEGRE S.A. dan como resultado la obtención de piezas funcionales para el sector de la automoción fabricadas a partir de materiales biodegradables. Cabe destacar que las pruebas se realizaron de manera que se comprobó la viabilidad de este material en un proceso de inyección continuo y utilizando moldes actuales, con lo que se garantiza una buena escalabilidad y procesabilidad del producto.



Figura 12. Piezas funcionales fabricadas en INDUSTRIAS ALEGRE S.A.



7. Colaboradores externos destacados



Durante la ejecución de las actividades experimentales del proyecto PLABITEX, cabe destacar la involucración de la empresa INDUSTRIAS ALEGRE S.A. Esta ha sido la encargada de llevar a cabo la producción de los prototipos funcionales utilizando los materiales desarrollados en el proyecto.

Gracias a la colaboración de la empresa como servicio externo, se han podido llevar a cabo las operaciones de fabricación de los prototipos mediante la tecnología de inyección de plásticos. Más allá de la fabricación de estos prototipos, se ha llegado a comprobar la procesabilidad de los nuevos materiales biodegradables obtenidos mediante la funcionalidad del PLA al introducirlos en dichos procesos, además se ha brindado la oportunidad de realizar pruebas de producción en serie en las que se han obtenido resultados muy satisfactorios y sobre todo comparables con los mismos procesos utilizando materiales convencionales. De este modo se ha llegado a cumplir con el objetivo principal del proyecto, dando salida a los biomateriales como medio para la sustitución de los polímeros obtenidos a partir de fuentes no renovables.