



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Química**

# **¿Pueden ser los plásticos biodegradables una realidad en Castilla y León?**

**Autor:**

**Saiz González, Álvaro**

**Tutora:**

**Martínez García, María del Henar  
Departamento de Química Orgánica**

**Valladolid, Junio de 2019.**



## Agradecimientos:

En primer lugar, agradecerle a mi tutora, Henar Martínez su dedicación durante estos meses. Especialmente su trato humano y cercano junto a sus ganas de prepararme laboralmente.

A mis Yayos, por ser una fuente de sabiduría y de unión.

A mi madre, mi aita y mi hermana, porque sin ellos este trabajo no tendría pilares.

A Lya Osorio por ser mi mejor compañera.

A Somacyl, en concreto a Raquel Rodríguez, por su implicación imprescindible a lo largo del trabajo.

A Raquel González, por ser mi hermana mayor académicamente y mi punto de apoyo.

Y a mí, por no rendirme durante estos 7 años.

Gracias.



## Índice:

1. Resumen	<b>6</b>
1.1 Palabras Clave	<b>6</b>
1.2 Abstract	<b>6</b>
1.2.1 Key Words	<b>7</b>
2. Objetivos	<b>8</b>
3. Introducción	<b>9</b>
4. Contexto legislativo	<b>12</b>
4.1. Europa	<b>12</b>
4.1.1. Directivas (UE) 849, 850, 851, 852/2018.	<b>12</b>
4.1.2. Directiva (UE) 2018/0172 Relativa a la reducción del impacto ambiental de determinados productos de plástico	<b>14</b>
4.1.3. Directiva (UE) 2015/720 Relativa a la reducción del consumo de bolsas de plástico ligeras	<b>15</b>
4.1.4. Reglamento (CE) N°282/2008. Relativo al control de Plástico reciclado destinado a estar en contacto con alimento	<b>16</b>
4.1.5. Programa PLASCTiCe	<b>16</b>
4.2 España	<b>17</b>
4.2.1. Real Decreto 6/2018 por el que se crea la Comisión Interministerial para la utilización de criterios ecológicos en la contratación pública.	<b>17</b>
4.2.2. Real Decreto del 19 de Mayo del 2018 sobre la reducción del consumo de bolsas de plástico	<b>17</b>
4.2.3. Reglamento (CE) 282/2008 sobre plástico reciclado en contacto con alimentos	<b>18</b>
4.2.4. Artículo 21 de la ley 22/2011 “Recogida, preparación para la reutilización, reciclado y valorización de residuos”	<b>19</b>
4.3. Castilla y León	<b>19</b>
4.3.1. Decreto 11/2014 “Plan Integral de Residuos de Castilla y León”	<b>19</b>

4.3.2. Real Decreto 293/2018 para la reducción del consumo de bolsas de plástico	<b>20</b>
5. Producción de un bioplástico	<b>20</b>
5.1 Introducción teórica	<b>20</b>
5.1.1 Relativo al origen de la materia prima	<b>21</b>
5.1.2. Relativo a la degradación	<b>22</b>
5.2 Análisis de la materia prima	<b>25</b>
5.3 Descripción del proceso productivo de Ácido Poli-láctico	<b>38</b>
5.3.1 Extracción del azúcar de la remolacha	<b>39</b>
5.3.2 Ácido láctico y su producción	<b>39</b>
5.3.3 Polimerización del ácido láctico	<b>45</b>
5.3.4 Control de calidad del PLA	<b>50</b>
5.3.5 Diagrama de flujo del proceso productivo de PLA	<b>54</b>
5.4 Presupuesto económico	<b>58</b>
6. Estado del arte de la industria del plástico en la comunidad de Castilla y León	<b>61</b>
7. Conclusiones	<b>70</b>
8. Vídeo didáctico	<b>71</b>
9. Software	<b>76</b>
10. Líneas futuras	<b>76</b>
11. Bibliografía y Webgrafía	<b>78</b>
12. Anexo 1	<b>87.</b>

## 1.-Resumen

En la primera parte de este trabajo se realiza una revisión bibliográfica del marco legislativo que regula la gestión de los residuos de plástico. Abordando las nuevas Directivas europeas, los nuevos porcentajes de reciclaje y la lista de los productos de plástico de un solo uso que se dejarán de comercializar en Europa. Trasladando estas a nivel nacional y al regional. A continuación, se realiza un análisis de las distintas materias primas, con el objetivo de plantear un sistema productivo de un plástico biodegradable en Castilla y León. Se desarrolla el proceso de producción del ácido poliláctico, las etapas y sus condiciones, así como las operaciones de purificación y de control de calidad. Por último, se presentan las entrevistas realizadas a distintas entidades del sector del plástico en Castilla y León para describir la situación actual de la gestión de los residuos plásticos en esta región. En ellas, se ha detectado una significativa carencia de información en la población de las buenas prácticas de la recogida selectiva de residuos municipales. Por lo que se ha diseñado y realizado un video explicativo con fin didáctico de las buenas maneras de proceder en la gestión de dichos residuos.

### 1.1- Palabras clave:

Reciclaje, plástico, bioplástico, ácido poliláctico (PLA), clasificación selectiva de residuos, Castilla y León.

### 1.2.-Abstract:

In the first part of this work a bibliographical review of the Legislative framework that regulates the management of plastic waste is carried out. Addressing the new European Directives, the new percentages of recycling and the list of single-use plastic products that will stop being marketed in Europe. Adopting these ones nationally and regionally. Next, an analysis of the different raw materials is carried out in order to

propose the productive system of a biodegradable plastic, in the community of Castilla y León. The poly-lactic acid production process, the stages and their conditions are developed as well as the purification and quality control operations. Finally, the interviews carried out with different entities of the plastic sector are presented, in order to express the state of the art of this subject. In them, has been detected a significant lack of information in the population of good practices for the selective collection of municipal waste. For this reason has been designed and produce an explanatory video with didactic purpose of the good ways to proceed in the management of such waste.

### **1.2.1-Key Words :**

Recycling, plastic, bio-plastic, poly-lactic acid, selective waste sorting, Castilla y Leon.

## 2.-Objetivos:

- Realizar una revisión bibliográfica en la que se aborda el análisis del marco legislativo que regula el reciclaje de plásticos y su gestión como residuo en Europa, España y Castilla y León.
- Analizar el estado del arte del ámbito de la industria del reciclado del plástico en la comunidad de Castilla y León.
- Plantear un proceso productivo de un bioplástico en Castilla y León: selección del material, detalles del sistema de producción, fases de control y presupuesto económico.
- Realizar un video educativo sobre las buenas prácticas en la gestión de los residuos municipales.

### 3.- Introducción:

Vivimos en la Era del Plástico, allá donde miremos podremos encontrar algo fabricado con este material: una botella o un envoltorio en la industria alimentaria, ropa y complementos en la industria textil, envoltorios de *packing* o en piezas de medios de transporte, como herramientas, como un teléfono móvil en la industria de la comunicación. El plástico tiene unas características muy interesantes para la vida del siglo XXI, es flexible y moldeable, lo que permite darle cualquier forma, su densidad es baja, su coste de producción también, es impermeable y buen aislante térmico y acústico; resiste muy bien la corrosión y la degradación ambiental. Es por ello que se transforman en un material seguro para la salud, pudiendo utilizarlo para conservar alimentos más tiempo y evitar desperdicios, también colabora en el ahorro de agua en sistemas de micro riego para la agricultura o a reducir energía y emisiones de CO<sub>2</sub> reduciendo peso en el transporte. **[1]** Es por ello, que en la Unión Europea se generó en el 2017: 25.000.000.000 kg (Veinticinco millones de toneladas) de plásticos **[2]**. Hay que tener en cuenta, que la historia del plástico no abarca ni siglo y medio, pues la primera vez que se sintetizó un polímero fue en 1907 cuando Leo Baekeland presentó a un concurso un material alternativo al marfil para la fabricación de las bolas de billar. Este material fue llamado Baquelita en honor a su inventor y era resistente al calor medio (termoestable), a la acción de ácidos y agua y era maleable, fue, el primero de los plásticos que se sintetizaría en cadena a partir de 1950. **[3]** Es tal su éxito, que su producción se incrementó la mitad en el último medio lustro y en la última década se ha producido más plástico que en toda la historia. Se estima que para el 2020 la producción de plástico alcanzará los 500.000.000.000 kg (500 millones de toneladas). Entre los principales países productores de plástico se encuentra China con el 29% de la producción mundial, seguido del continente Europeo con un 18% y Estados Unidos con un 17%.

Entonces, si el plástico tiene tantas características buenas y es tan empleado, ¿por qué tiene a día de hoy tantos objetores y es causa de tanta discrepancia? Pues bien, el principal problema que presenta el plástico es la contaminación y lo etérea que es su

vida útil. En el 2016, el 40% del plástico europeo se utilizó en embalajes y envases, es decir, plásticos que únicamente tendrían un solo uso y después, la mayoría, fueron arrojados a la basura, donde difícilmente encontrarán un segundo uso.[4] El porcentaje de reciclaje es distinto en función de las regiones en las que lo midamos:

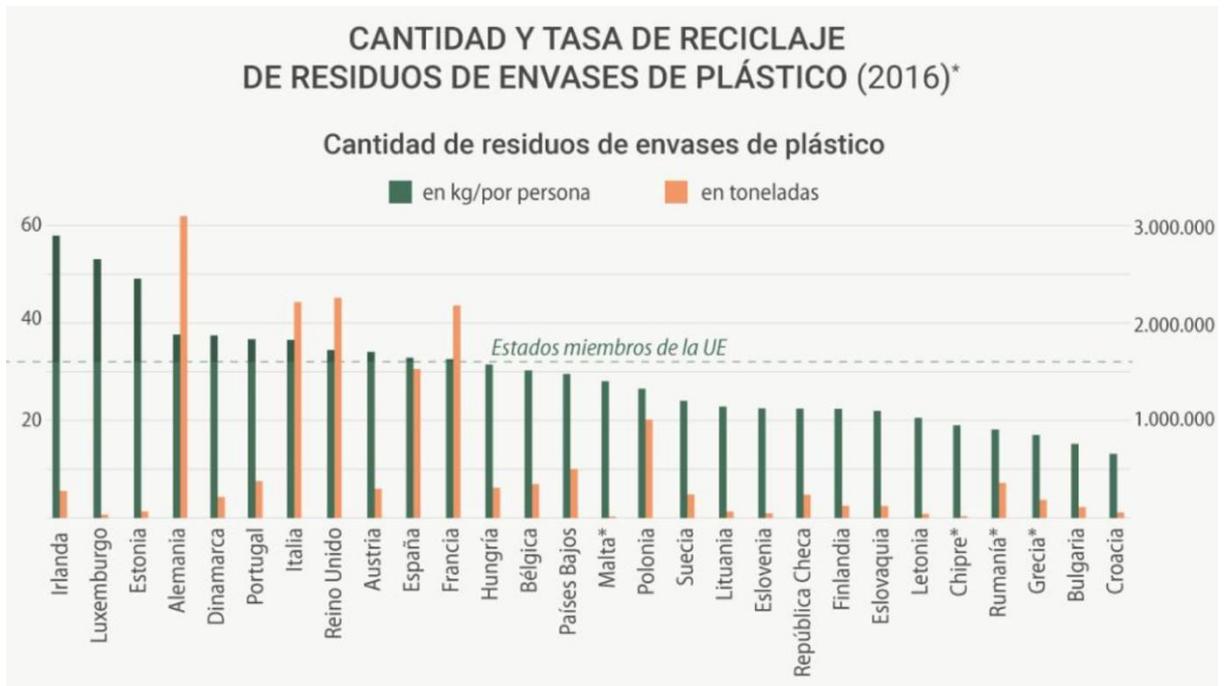


Ilustración 1: Valores de reciclaje de los países de la Unión en el año 2016. Parlamento Europeo.

Por lo general, se estima que la media europea de reciclaje de plástico ronda el 30%, al igual que la proporción de plástico que termina en un vertedero y próxima al 39% del mismo que se destina en la valoración energética.[5] Por desgracia, mucho de este plástico a pesar de que ha sido gestionado correctamente en el contenedor amarillo, termina en los océanos por su fácil dispersión, se estima que a día de hoy hay 12.000.000.000kg (doce millones de toneladas) de plástico sumergidas en nuestros océanos. Podemos encontrarlos en playas, rocas o flotando en el agua de la Antártida o del Ártico y por lo general serán plásticos de un solo uso: mecheros, bolsas, cubiertos, botellas, pajitas, utensilios de pesca, colillas, globos...Para hacernos una idea, en 2015 *Greenpeace* realizó batidas de limpieza en playas españolas, encontraron aproximadamente 320 objetos por cada 100 metros cuadrados de playa, el 75% de estos objetos eran de plástico y el 80% de este plástico provenía de tierra. Es por esto

por lo que se hace inminente la toma de decisiones y de nuevas medidas medioambientales a nivel político y ciudadano que protejan al ecosistema. [6]

Para tratar de solventar el grave problema medioambiental que presenta el plástico pero sin perder ninguna de sus cómodas características se investigan múltiples alternativas, en este trabajo se tratará una de ellas: el bioplástico, un polímero biodegradable que procede de una fuente natural y renovable. Estos plásticos pueden ser tratados como un residuo orgánico el cual será compostado, de esta manera obtendremos a partir de unos residuos una fuente nutritiva útil como abono en agricultura. Este material va en la misma línea en la que avanza Europa, legislando a favor del medio ambiente y buscando que todos nuestros recursos tengan una segunda vida, fomentando una economía circular en búsqueda de una mayor rentabilidad económica e independencia en materiales.

## 4.- Contexto Legislativo:

### 4.1 Europa

Se aborda el análisis del marco legal competente en materia de reciclaje de plásticos y su gestión como residuo. Dirigiendo el estudio desde el marco europeo, pasando por el nacional, hasta llegar al específico de nuestra comunidad autónoma, Castilla y León.

#### 4.1.1: Directivas (UE) 849, 850, 851, 852/2018.

En primer lugar, en el Consejo y el Parlamento Europeo alcanzaron recientemente un nuevo acuerdo provisional en materia de residuos, publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea a principio del 2018. El paquete de medidas establece “nuevas normas para la gestión de residuos y objetivos de reciclado jurídicamente vinculantes” consta de cuatro directivas:

- 1.- Directiva sobre Residuos (851/2018) que modifica la Directiva 2008/98/CE.
- 2.- Directiva sobre el Vertido de residuos (850/2018) que sustituye a la Directiva 94/62/CE.
- 3.- Directiva sobre vehículos al final de su vida útil, pilas y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (849/2018) que modifica a las Directiva 2000/53/CE, 2006/66/CE y 2012/19/UE.
- 4.- Directiva sobre el Residuo de envases (852/2018) sustituyendo a la Directiva 1999/31/CE.

En ellas, se incluyen definiciones actualizadas de los principales conceptos en materia de residuos, se determinan los métodos y normas para calcular los avances en reciclaje de forma más rigurosa y requisitos estrictos para la recogida selectiva de residuos, reforzando la jerarquía de residuos a través de instrumentos ecológicos encargados de

evitar la producción de nuevos residuos. **[7]** Además, se establecen objetivos obligatorios en porcentaje de reciclaje, tales están resumidos en las siguientes tablas:

Tasa de reciclaje UE	Antes del 2025	Antes del 2030	Antes del 2035
Residuos municipales	55%	60%	65%

*Tabla 1: Objetivos europeos de reciclaje de residuos municipales.*

También, se garantiza antes del 2024 la recogida dividida de los residuos orgánicos y su reciclaje en origen.

Los envases también deberán de ser reciclados en función de su material, cuyos objetivos son: **[8]**

	Antes del 2025	Antes del 2030
Todos los envases	65%	70%
Plástico	50%	55%
Madera	25%	30%
Metales ferrosos	70%	80%
Aluminio	50%	60%
Cristal	70%	75%
Papel y Cartón	75%	85%

*Tabla 2: Porcentajes europeos de reciclaje por materiales.*

Con ellas se pretende impulsar la economía circular, tratando de ganar independencia de los países proveedores de materias primas a través del control de la gestión de residuos, la reutilización y reciclaje de los productos y subproductos por parte de todos los países que conforman la UE.

#### 4.1.2: Directiva (UE) 2018/0172 Relativa a la reducción del impacto ambiental de determinados productos de plástico

Para alcanzar los objetivos planteados anteriormente, la Comisión Europea también ha aceptado la propuesta de legislación (2018/0172) para tratar de reducir los plásticos de un solo uso, en concreto, se han decidido que sean 10 los productos que dejarán de fabricarse por su alta implicación en la contaminación marina antes del 2021, puesto que representan el 70% de la contaminación en playas y medios marinos. Productos como pajitas de refrescos, bastoncillos de algodón, toallitas húmedas, productos de tabaco con filtro (por ejemplo, colillas), globos o cubertería de plástico dejarán de comercializarse porque hay alternativas asequibles y menos contaminantes. Además, se proponen objetivos nacionales de reducción de consumo de ciertos productos como los recipientes alimentarios, vasos de plástico o botellas de refrescos. Pero sin lugar a dudas, si hay que destacar algo de esta nueva norma, es la implicación en la contaminación de los productores; a partir de ahora contribuirán con los costes de la recogida y limpieza de los productos plásticos. De esta forma, la Unión Europea facilita que las empresas puedan utilizar el reciclaje como una oportunidad de inversión y empleo, rediseñando productos tradicionales, buscando nuevos materiales que hagan que se pongan a la cabeza de la innovación. Por ello, en las etiquetas de muchos productos comenzará a aparecer el modo adecuado de desechar tal producto o, si el material del que está fabricado dicho producto es plástico *compostable* o *bioplástico*. [9] Se pretende que todos estos cambios vayan acompañados de medidas de sensibilización sobre los efectos negativos de no desechar correctamente los plásticos de un solo uso. Según el vicepresidente primero Frans Timmermans, responsable de Desarrollo Sostenible: «Esta Comisión prometió que iba a ser ambiciosa en los grandes temas y a dejar el resto a los Estados miembros. Los residuos de plásticos son, sin lugar a dudas, uno de esos grandes temas, y Europa tiene que actuar unida para hacer frente

*a ese problema, ya que estos residuos acaban en nuestro aire, nuestros suelos, nuestros océanos y nuestros alimentos. Las propuestas presentadas hoy reducirán la presencia de los plásticos de un solo uso en nuestros supermercados gracias a la aplicación de una serie de medidas. Vamos a prohibir algunos de esos artículos y los sustituiremos por alternativas más limpias, de manera que los consumidores puedan seguir usando sus productos favoritos»; acompañando las declaraciones de su compañera Jyrki Katainen, responsable de Fomento del Empleo, Crecimiento, Inversión y Competitividad: «El plástico puede ser un material fantástico, pero tenemos que utilizarlo de una manera más responsable. Los plásticos de un solo uso no son una opción inteligente desde los puntos de vista económico y ambiental, y las propuestas que se presentan hoy ayudarán a las empresas y a los consumidores a evolucionar hacia alternativas sostenibles. Europa tiene así la oportunidad de asumir el liderazgo, creando productos para los que va a haber una demanda mundial en las próximas décadas y obteniendo un valor económico mayor por nuestros valiosos y limitados recursos. Nuestro objetivo de recogida de botellas de plástico también contribuirá a generar los volúmenes que necesita una próspera industria de reciclado de plásticos».*

**[10]** De esta forma, Europa demuestra su claro objetivo de alcanzar un reciclaje total de cualquier envase plástico antes del 2030 y reducir el consumo de plástico de un solo uso.

#### **[4.1.3: Directiva \(UE\) 2015/720 Relativa a la reducción del consumo de bolsas de plástico ligeras.](#)**

Otra Directiva que tuvo buena acogida fue la 2015/720, relativa a las bolsas de plástico. La cual, modifica al texto anterior 94/62/CE, ya que no hacía distinción entre el peso de las bolsas de plástico a la hora de reciclarlas. Tras comprobarse que las bolsas de plástico con un espesor inferior a 30 micras, consideradas “bolsas de plástico ligeras”, son las más utilizadas en el continente y además, las menos recicladas comparando con las bolsas más gruesas, se determina que tienen mayor capacidad de contaminación por su bajo peso y facilidad de dispersión. Por este motivo, los Estados miembros deberán fijar medidas con el fin de reducir de forma sostenida el consumo

de bolsas de plástico ligeras, hasta alcanzar el ratio de 90 bolsas de plástico ligeras por persona al año antes del final del 2020 y de 40 bolsas anuales por persona antes del 2026, así mismo, también se insta a garantizar que ninguna bolsa ligera sea entregada gratuitamente, exceptuando las bolsas de peso inferior a 15 micras siendo usadas por motivos de higiene alimentaria, de esta forma, se pretende llevar un control del consumo de bolsas de plástico ligeras que deberá ser entregado a la Comisión Europea. Para el resto de bolsas cuyo peso sea igual o superior a 50 micras, se espera que la labor de información y concienciación al público por parte de los Estados sea suficiente para garantizar la reducción de su contaminación. [4]

#### [4.1.4: Reglamento \(CE\) N° 282/2008. Relativo al control de Plástico reciclado destinado a estar en contacto con alimentos.](#)

Por otra parte, encontramos la regulación del reciclaje de todo aquel plástico que vaya a estar en contacto con alimentos en el Reglamento (CE) N° 282/2008, modificando el Reglamento (CE) N° 2023/2006. En él, junto con lo presentado en la Directiva 2002/72/CE (Relativa a los tipos de polímeros y los procesos que están permitidos para la entrada en contacto con alimentos) y el Reglamento (CE) n° 1935/2004 (Encargado de establecer en los artículos 9-12 el procedimiento de autorización que homogenice la disposiciones legales, reglamentarias y administrativas nacionales en relación con la evaluación de la seguridad y la autorización de los procesos de fabricación de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos) establece las modificaciones del Reglamento anterior aplicando el reciclaje. De esta forma, se establecen requisitos para los materiales, condiciones de autorización y obligaciones derivadas de la autorización, para estructurar unas “Evaluaciones de la seguridad del proceso” y “Gestiones de riesgo” que garanticen una calidad igual a cualquier artículo fabricado a partir de plástico que vaya a entrar en contacto con alimentos, ya que el sistema de reciclaje es específico de cada empresa en cuanto a parámetros tecnológicos y de proceso. [12]

#### [4.1.5: Programa PLASTiCE](#)

Algo más alejado en el tiempo se encuentra el programa “PLASTiCE”, datado entre el 2007 y 2013, intentó promover el uso sostenible del plástico promocionando los bioplásticos en toda la cadena de valor de Europa Central, de manera que se pudieran integrar de forma total los plásticos en los ciclos de materiales naturales. Para conseguirlo se apostó por dar información imparcial sobre temas clave de la biodegradabilidad y trató de establecer puentes entre la investigación y la industria. Como resultado se obtuvieron numerosas publicaciones científicas en este ámbito que arrojaron algo de luz sobre el camino a seguir en materia de sostenibilidad. [13]

#### 4.2: España.

En el ámbito nacional, podemos encontrar los siguientes objetivos de análisis:

##### 4.2.1: Real Decreto 6/2018 por el que se crea la Comisión Interministerial para la utilización de criterios ecológicos en la contratación pública.

El Real Decreto 6/2018, con fecha del 12 de Enero del 2018 por el que se crea la Comisión Interministerial para la incorporación de criterios ecológicos en la contratación pública (CPE). De esta manera, la administración contará con criterios a la hora de hacer una adquisición de mercancías, obras o servicios que tengan en cuenta el menor impacto ambiental a lo largo de sus ciclos de vida. Además, se espera que estas “Compras verdes” por parte de las Administraciones Públicas tenga un alto nivel ejemplarizante y promueva este tipo de criterios en los sectores privados. Para cumplir estos objetivos sostenibles, se ha creado la Comisión Interministerial para agilizar la cooperación entre los distintos departamentos de la Administración General del estado y que la contratación pública sea eficiente, a través de un Plan de Contratación Público Ecológico. [14]

##### 4.2.2: Real Decreto del 19 de Mayo del 2018 sobre la reducción del consumo de bolsas de plástico.

El Real Decreto aprobado el 19 de Mayo del 2018, sobre la reducción del consumo del bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores, como consecuencia de la Directiva Europea 2015/720. Por el mismo, se prohíbe la disposición gratuita de bolsas de plástico en puntos de venta de bienes o productos, incluyendo la venta online así como las entregadas a domicilio, de tal forma que los comerciantes comenzarán a cobrarlas antes del 1 de Julio del 2018. Por otra parte, en el mismo Real Decreto, se crea el Registro de Productores, adscrito a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Rural del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, su función será de carácter administrativo ya que en él deberán inscribirse todos los fabricantes de bolsas nacionales y remitir la información correspondiente a las bolsas que se hayan puesto en el mercado nacional en cada año natural. **[15]**

#### [4.2.3: Reglamento \(CE\) 282/2008 sobre plástico reciclado en contacto con alimentos.](#)

Así mismo, también podemos encontrar el Reglamento (CE) 282/2008 sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinado a entrar en contacto con alimentos y por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 2023/2006. En este, se determinan qué clase de materiales y objetos plásticos serán destinados a entrar en contacto con alimentos y cuáles no por no haber sido fabricados conforme a las buenas prácticas que aseguran la calidad que garantice que el plástico reciclado cumple los requisitos establecidos en la autorización, presente en el Anexo del Reglamento (CE) n° 2023/2006. A su vez, fija las condiciones de autorización del proceso de reciclado, los métodos de solicitud de la misma, el dictamen de la Autoridad, las obligaciones derivadas de la autorización, la modificación-suspensión-renovación de la misma y los controles oficiales que garanticen las buenas prácticas en el reciclado y fabricación de materiales plásticos que vayan a entrar en contacto con alimentos. **[16]**

#### [4.2.4: Artículo 21 de la ley 22/2011 “Recogida, preparación para la reutilización, reciclado y valorización de residuos”.](#)

Por otra parte, en el artículo 21 de la ley 22/2011, “Recogida, preparación para la reutilización, reciclado y valorización de residuos”, publicada el 29 de Julio de 2011, se pretende fomentar la prevención y promover la reutilización de alta calidad de envases de distintos materiales (entre ellos incluido el plástico) a través de medidas que faciliten el establecimiento de sistemas de depósito, devolución y retorno de los materiales. Todo ello tras tener en consideración la viabilidad técnica y económica de estos sistemas en ámbitos sociales, ambientales y sobre la salud humana. Además, ya en el artículo 22 “Objetivos específicos de preparación para la reutilización, reciclado y valoración” se fijó una tasa de reciclaje del 50% de residuos domésticos y comerciales antes del 2020. También en esta ley se fijaba un calendario a cumplir de sustitución de bolsas comerciales de un solo uso de plástico no biodegradable, por el que en el 2018 la totalidad de las bolsas deberán haber sido sustituidas. **[17]**

### [4.3 Castilla y León:](#)

#### [4.3.1 Decreto 11/2014 “Plan Integral de Residuos de Castilla y León”](#)

Este plan autonómico de gestión de residuos sigue lo expuesto en la Ley 10/1998, de 5 de Diciembre, en la ley 22/2011, de 28 de Julio y en la medida de que el plan está sujeto a evaluación ambiental en la Ley 9/2006, de 28 de Abril.

En él, se recoge la planificación autonómica de la gestión de residuos, incluyendo los métodos de prevención de residuos, un análisis actualizado de la situación de la gestión de los residuos en el ámbito territorial de la comunidad autónoma, una exposición de las medidas para facilitar la reutilización, el reciclado, la valoración y la eliminación de los residuos, estableciendo objetivos de prevención, preparación para la reutilización, reciclado, valoración y eliminación de los mismo. Este plan está aplicado a todos aquellos residuos que están considerados en la Ley 22/2011, de 28 de Julio. **[18]**

### 4.3.2 Real Decreto 293/2018 para la reducción del consumo de bolsas de plástico.

Las comunidades autónomas, “deberán realizar campañas de información al público sobre las medidas adoptadas en el Real Decreto del 19 de Mayo del 2018 sobre las consecuencias negativas para el medio ambiente del consumo excesivo de todo tipo de bolsas de plástico y de los efectos de su abandono”, además, “promoverán la aplicación del principio de jerarquía de residuos” [11].

El Real Decreto 293/2018 publicado el 1 de Julio del 2018 es la transcripción a nivel regional de la normativa aprobada por Europa y más tarde por España. Por la cual, queda prohibido suministrar bolsas de plástico ligeras de manera gratuita a partir del 1 de Julio del 2018, exceptuando las bolsas muy ligeras que sirvan como envase primario para alimentos a granel y las bolsas gruesas de espesor superior o igual a 50 micras que tengan un porcentaje de plástico reciclado igual o superior al 70%, para fomentar el uso del plástico reciclado. Además, a partir del 1 de Enero del 2020 se da un paso más en la dirección de la economía circular, las bolsas de plástico gruesas deberán contener al menos un 50% de plástico reciclado y se prohíbe las ventas de bolsas de plástico fragmentable. Un año más tarde, no será posible entregar al consumidor bolsas de plástico ligeras o muy ligeras al consumidor en los comercios, excepto si son de plástico compostable. Por otra parte, como se ha citado a Nivel Español anteriormente, se crea el Registro de Productores de productos. [19]

## 5. Producción de un bioplástico.

Como se ha mencionado en la Introducción, el plástico presenta grandes ventajas y a su vez, los humanos provocamos que tenga grandes desventajas. En el próximo apartado describiremos los conceptos claves para entender las principales diferencias entre los distintos tipos de plásticos que hay. Además, desarrollaremos el proceso de un bioplástico en nuestra comunidad, con el objetivo de aportar una alternativa

sostenible y menos contaminante al plástico y utilizar dicho polímero natural como motor económico de la región.

### 5.1 Introducción teórica:

La terminología en cuanto a la clasificación de los plásticos se plantea atendiendo al origen de la materia prima y a la degradación de los materiales al fin de la vida útil.

#### 5.1.1 Relativo al origen de la materia prima:

Un plástico es considerado en términos técnicos un polímero, que a su vez, es una macromolécula de alto peso molecular formada por la unión repetida de una molécula llamada monómero. Su obtención puede ser natural o sintética. En la naturaleza podemos encontrar polímeros en las proteínas, en el ADN, la celulosa, la lana o la seda, su/sus monómero/s tiene origen natural, bien de animales o de plantas y son imprescindibles para los seres vivos. Debido a que la fuente de estos polímeros está presente en la naturaleza y se pueden considerar “inagotables” porque su tiempo de regeneración es muy corto, a partir de ahora se considerará que los plásticos procedentes de estas fuentes son renovables. En cambio, los polímeros sintéticos proceden de su síntesis en laboratorios, la principal fuente de monómeros es el petróleo, aunque también puede utilizarse el gas natural. Como resultado de la síntesis en el laboratorio podemos obtener un abanico muy amplio de polímeros, ya no solo por la repetición de los distintos monómeros que hay, sino que también depende de la forma en la que se enlazan estos, si se combinan distintos monómeros dando lugar a copolímeros o, si se añaden aditivos, para modificar las características del polímero final. De esta forma queda patente que hay una infinidad de tipos de polímeros sintéticos con propiedades propias de cada uno. Los plásticos sintéticos más comunes en la vida diaria son cuatro: El Poliestireno (PE) que es utilizado en la fabricación de bolsas de plástico, el Polyester (PET) presente en ropa, envases y botellas de plástico, el Polipropileno (PP) que se puede encontrar en electrodomésticos y muebles de jardín y por último, el Cloruro de polivinilo (PVC) comúnmente utilizado en construcción, en tuberías, válvulas o ventanas. [20]

### 5.1.2 Relativo a la degradación:

No todos los plásticos tardan el mismo tiempo en variar su composición, estructura física, ni tampoco lo hacen de la misma manera, hay distintas categorías, las cuales se presentan a continuación:

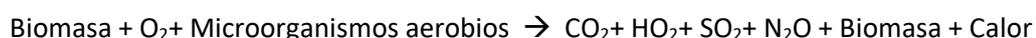
- Plásticos No degradable: Una de las características en común de los plásticos sintéticos es su tiempo de desintegración, que es muy alto. Se estima que una bolsa de plástico fabricada a partir de Polietileno puede llegar a tardar más de 40 años en descomponerse si no está sometida a condiciones especiales, un vaso de plástico, entre 65 y 75 años y por ejemplo, una botella de un refresco a partir de Polyester, alcanza los 500 años. [21] Evidentemente, este tiempo de desintegración tan alto supone un grave problema medioambiental, es tarea del ser humano recoger todas estas piezas de plástico que se encuentran desperdigadas por la naturaleza.
- Plásticos biodegradables, son aquellos que pueden descomponerse en condiciones que se dan en la naturaleza, gracias a la acción enzimática de microorganismos tales como bacterias, algas u hongos, se transforman en nutrientes, agua, biomasa y dióxido de carbono. Estos plásticos pueden obtener su monómero de fuentes naturales y renovables (recibirá el nombre de *plástico biobasado*) como el almidón de la patata o la glucosa de la caña de azúcar; sintéticos, como algún poliéster o de origen microbiológico, como resultado de procesos metabólico de bacterias. Los biopolímeros sintéticos son obtenidos por reacciones poliméricas de monómeros procedentes del petróleo, presentan características propias, como ser versátiles en sus propiedades física o su rápida desintegración, aun así no se ajustan a las propiedades de los plásticos convencionales por lo que devalúa su interés comercial. [22] Los bioplásticos obtenidos como productos metabólicos de microorganismos están siendo la rama más investigada, es necesario contar con una fuente de carbono y unas condiciones de cultivo determinadas acorde al tipo de microorganismo productor. De momento, esta vía de producción es demasiado cara para

competir con los plásticos convencionales, por ello se plantea la opción de variar la fuente de carbono, utilizar fuentes crudas como mieles de remolacha, aceites vegetales o hidrolizados de carbohidratos (maíz) en lugar de fuentes más complejas y caras como alcoholes o ácidos. [23] Hay normas que regulan la biodegradabilidad de los plásticos, AENOR publicó en 2001 su norma UNE-EN 13432 (Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje), en la que define la biodegradabilidad final como: “Descomposición de un compuesto químico orgánico por microorganismos en presencia de oxígeno para dar dióxido de carbono, agua, sales minerales en cualquier elemento presente (mineralización) y nueva biomasa; o bien en ausencia de oxígeno para dar dióxido de carbono, metano, sales minerales y nueva biomasa”.

Los bioplásticos pueden ser descompuestos como los residuos orgánicos comunes de los hogares, es decir, de dos formas distintas: en vertederos siguiendo procesos anaeróbicos (en ausencia de oxígeno)



o por procesos de compostaje o anaeróbico (en presencia de aire), proceso de degradación que es controlado por el ser humano:



El compostaje en el hogar representa uno de los tratamientos más ecológicos, ya que no es necesario transportar ni los residuos ni los subproductos a la planta de compostaje. Que un plástico sea biodegradable no significa que sea compostable, la clave está en la estructura molecular, no en la fuente de la materia [23]. En cambio, que un plástico sea compostable significa que ese material se degrada biológicamente a la misma velocidad que el resto de materia orgánica para las condiciones de operación, sin dejar ningún residuo tóxico visible o distinguible. No por ello el plástico biodegradable compostable

puede ser arrojado a la naturaleza, la biodegradabilidad es un proceso químico natural, en cambio el compostaje es un proceso químico humano para acelerar la degradabilidad, es decir, los procesos de compostaje hacen referencia a nivel industrial, en una planta de compostaje a una temperatura comprendida entre los 55 y los 60° C.[24] Philippe Dewolfs, responsable del Departamento de Certificación de Vinçotte declaró: “El PLA es un bioplástico que puede ser compostable en una instalación industrial, pero si se tira en el campo, dentro de 20 años seguirá ahí”.

- Plástico degradable es aquel con capacidad de desintegración pero que no cumple la norma UNE-EN 13432. Estos plásticos han sido modificados en su estructura molecular con aditivos, de tal forma que aceleran su desintegración física. Estos plásticos se fragmentan en partículas tan diminutas que son imposibles de ver pero que en una primera etapa, no pueden ser asimiladas por las plantas. En función del agente que acelera la degradación encontramos: Plásticos Foto-degradables, aquellos plásticos que se fragmentan más rápido con la incisión de rayos de luz ultravioleta, debido a que esta radiación presenta mayor energía que la de enlace entre los átomos de C-C y C-H. De esta manera, los plásticos de uso comercial y de embalaje se rompen y desintegran en tan solo unas semanas de exposición al sol. Los plásticos Oxo-degradables son aquellos cuyo agente de desintegración es el oxígeno, se puede considerar este tipo de degradación como el correspondiente a biodegradación, pues son los microorganismos los encargados de metabolizar el plástico tras haber sido roto el tamaño de la molécula de plástico. Por último, encontramos los plásticos semi-biodegradables, aquellos cuyos aditivos son moléculas degradables que una vez son atacadas por los microorganismos liberan al ambiente el componente plástico. [25]



Ilustración 2: Clasificación de los plásticos en función a su fuente y a su degradación.

En este esquema queda representado los tipos de plástico en función al criterio de la fuente de la materia prima y a la degradación del mismo. Se quiere destacar que en la elaboración del esquema se ha optado por separar la biodegradabilidad respecto a los plásticos puramente degradables ya que se ha utilizado un criterio a favor del medioambiente. La biodegradación es una transformación a través de una reacción metabólica por la que el plástico desaparece y se transforma en productos distintos, capaces de ser re-utilizados y de esta manera, contribuir con la economía circular en el que todos los procesos son cíclicos y un “desecho” se puede volver a utilizar. En cambio, los plásticos degradables únicamente cambian de tamaño, pasando a ser piezas de plástico muy pequeñas, incapaces de ser visibles para el ojo humano (tamaño menor a 5mm), recibiendo el nombre de *microplástico* o *nanoplástico*. Estos microplásticos plantean a su vez varios problemas medioambientales: por una parte no se pueden reciclar; por la otra parte, al no desaparecer, existe el peligro de que se incorporen a la cadena trófica, bien porque lleguen al mar y los peces lo ingieren o que

mismamente, floten en el aire en forma de polvo (procedente del desgaste de las prendas textiles, por ejemplo) y lleguen al estómago humano al depositarse en el alimento. De momento, se desconocen los efectos reales de la digestión de estos microplásticos en la salud de los seres vivos, pero se está alertando de que los nanoplásticos pueden absorber de forma concentrada toxinas y microorganismos nocivos, como virus y bacterias, pasando a ser un centro de patógenos. Son estos motivos la razón por la que en este trabajo, vamos a considerar que la biodegradabilidad es, a día de hoy, muy distinto a los plásticos degradables. [26]

## 5.2 Análisis de la materia prima.

Uno de los objetivos del trabajo es plantear un proceso productivo de un bioplástico en Castilla y León cuya materia prima pueda ser abastecida directamente de sus campos. A continuación, se describen las materias primas más viables de sembrar en nuestra región de cara a utilizarla como materia prima del bioplástico. Como hemos explicado anteriormente, podemos obtener los bioplásticos bien por procesos de polimerización de monómeros naturales, polimerización de monómeros sintéticos y por resultados metabólicos de microorganismos. Comenzaremos eliminando la opción de polimerización de monómeros sintéticos por no ser renovable; no se elegirá todavía entre las dos restantes ya que ambas pueden ser utilizadas, se concretará a conveniencia de la materia prima elegida.

Previo al análisis de las posibles materias primas, hagamos una descripción de las condiciones climáticas y geográficas que caracterizan nuestra comunidad:

La región geográfica de Castilla y León se enclavada en la submeseta septentrional de la Península Ibérica, su clima es el Oceánico continental, con inviernos fríos, veranos calurosos y primaveras y otoños cortos. Su temperatura media es de 12° C, siendo la temperatura máxima los 39° C y la mínima los -12° C. Su geografía es singular, compuesta por suaves llanuras, campiñas y páramos en el centro y rodeado por un cinturón montañoso en los bordes septentrional, oriental y meridional. Además, la región está atravesada por la cuenca del río Duero. Con todo ello podemos encontrar

numerosos ecosistemas y variados ambientes geológicos, orográficos y climáticos. [27]  
[28]

Como punto de partida del planteamiento de los posibles cultivos con los que podremos trabajar, utilizaremos la selección de la empresa azucarera *Acor*, bien porque es una empresa con una amplia experiencia agraria en la región y porque a su vez plantea las labranzas típicas.

La selección atenderá a los siguientes criterios: Hay que estudiar a las condiciones del lugar en el que se va a cultivar, por lo tanto habrá un **criterio climático y geográfico**, analizando las temperaturas de cultivo, las precipitaciones y las necesidades y estado del suelo. En segundo lugar, hay que prestar atención al **tiempo de cultivo**, es necesario un producto que permita una producción continua de nuestro bioplástico, pues bien, o tiene un corto tiempo de cultivo o su producción es lo suficientemente alta como para considerarla constante en el tiempo al ser dividida. En tercer lugar, prestamos atención al componente **económico**, que su producción no exige altos niveles de cuidados, que no sea costoso para tratar de minimizar costes desde el principio, ni que tampoco tenga un alto valor comercial. Por último, se analizará la **situación** del cultivo en la región.

Tras fijar las materias primas candidatas y los criterios de selección, procedemos al análisis:

- Girasol (*Helianthus Annuus*)

Planta herbácea anual que presenta raíces pivotantes capaces de alcanzar los 2m de profundidad, un tallo vigoroso que también puede llegar a alcanzar los 2,2 metros de altura; su flor amarilla, bien conocida por todos, ronda entre los 15 y los 25 cm de radio y es el lugar donde se encuentra su fruto, la denominada “pipa”, consta de una cáscara y en su interior alberga la semilla. Dependiendo de la variedad y las condiciones tendrá un tamaño y una cantidad de frutos. [29]

La siembra del Girasol comienza en febrero en el sur de nuestro país y a partir de abril-mayo en la región de Castilla y León.

Durante la etapa de germinación y de crecimiento es más sensible a la temperatura (a temperaturas inferiores de 5° C la semilla no germinará). Cuando el girasol ya es una planta madura es capaz de soportar oscilaciones importantes de temperatura (30° C a 15° C). Del suelo es poco exigente, adaptado a suelos de pH neutro. Tampoco necesita mucho aporte de agua, se adapta bien a climas secos ya que gracias a su raíz pivotante es capaz de extraer agua de capas profundas del terreno. La llave para una buena producción de girasol en Castilla y León se encuentra en las lluvias de invierno y primavera así el suelo cuenta con buenas reservas de agua una vez haya comenzado la etapa de floración y madurez de la planta. **[30]**

La situación actual del girasol en Castilla y León es decadente, cada año se plantan menos hectáreas debido principalmente a los bajos precios de los girasoles importados del este de Europa, en concreto de Ucrania. Según publica ASAJA (Asociación agraria para jóvenes agricultores): “Los cultivadores de girasol en Castilla y León se están resistiendo a abandonar el girasol por las escasas posibilidades de cultivos que existen en la meseta, y también porque el girasol es una buena alternativa agronómicamente, puesto que las labores se realizan cuando el cereal ya está cosechado, y porque por sus características contribuye a un buen estado de las parcelas” demuestra que la situación es crítica, ya que es posible que se abandone uno de los pocos cultivos que hay viables en la comunidad.**[31][32]** Por lo tanto, evaluando la posibilidad de extraer el bioplástico a partir de algún derivado del girasol se complica, no por la viabilidad del cultivo, sino por las condiciones económicas y comerciales que lo envuelven. Podría existir la posibilidad de establecer una tasa extra a los girasoles importados del este de Europa cuando su uso esté destinado a la producción de bioplástico, pero este tema ya se aleja de los objetivos establecidos en este trabajo.

- Patata (*Solanum tuberosum*)

Planta herbácea con raíces adventicias superficiales en la etapa de cultivo y que en la madurez alcanzan una profundidad de 40 cm. Presenta dos tipos de tallos, el aéreo que crece directamente del tubérculo semilla y es el lugar del que crecen las ramas laterales, las hojas y el tallo subterráneo denominado estolones, encargado de hincharse con función de almacenaje de sustancias de reserva dando lugar al fruto: el tubérculo. Este, tiene forma redondeada de distintos colores y que tiene valor económico puesto que es empleado fundamentalmente para alimentación. [33]

La variedad de patata a sembrar lo marcará el terreno, puesto que no tiene que ser ni muy compacto ni muy pedregoso para facilitar el crecimiento de los tubérculos. Exige labores de preparación del terreno, tales como un labrado en profundidad, un subsolado de fondo, pases de gradeo rotativa y cultivador, todo ello para que la estructura del terreno sea porosa y esté desmenuzada en la superficie. A mayores, un abonado de fondo con materia orgánica incrementa la eficiencia del cultivo.

La patata generalmente crece bien en climas templados y fríos (13-18° C), las variaciones bruscas de temperatura, tanto a la alza como a la baja perjudican el desarrollo del tubérculo y favorecen los ataques de plagas. A partir de temperaturas inferiores a los -2° C el tubérculo puede llegar a helarse. Las condiciones de humedad relativa deben de ser moderadas, es decir, una humedad relativa excesiva es nociva para la planta. Por estas características y por el consumo de nutrientes del suelo a lo largo del ciclo de vida, se recomienda introducir los cultivos de patatas cada 5 años, de esta manera, también, reduciremos la posibilidad de rebrotes que sería perjudicial de cara a otros cultivos. La patata se planta en Castilla y León en el mes de mayo. [34]

En la evaluación de la patata, está comprobado su rentabilidad en Castilla y León al ser uno de los principales motores económicos de la región, sin embargo, al ser un producto fundamental en la alimentación

humana y animal aumenta considerablemente su precio y su valor añadido. Por todo esto no lo descartamos directamente.

- Alfalfa (*Medicago sativa*)

Planta leguminosa con una raíz muy profunda, capaz de alcanzar los 5m de profundidad extrayendo humedad de la capa freática o roca madre. Gracias a que sus raíces laterales forman yemas, dan origen a tallos que crecen al exterior y producen de esta manera una nueva macolla. [35]

La alfalfa es capaz de sobrevivir en cultivos de secano como de regadío, su crecimiento está favorecido por suelos neutros puesto que la salinidad en el terreno es muy perjudicial para su crecimiento. Necesita terrenos profundos y con buena capacidad de drenaje, para favorecerlo es conveniente preparar el terreno a través de un subsolado, realizando gradeos y con buena fertilización. Es muy sensible a las malas hierbas, a las plagas o las enfermedades, por lo que complementariamente se tendrá que utilizar herbicidas. Por otra parte, el cultivo de la alfalfa es beneficioso para el terreno puesto que reduce la erosión del terreno y fija el nitrógeno al suelo. Se recomienda que la rotación de este terreno esté en torno a los 5 años. [36]

El cultivo de la alfalfa en Castilla y León abarca desde el mes de abril hasta el mes de noviembre, en los cuales pueden llegar a realizarse hasta 6 cortes en un buen año. En el año 2018 se sembraron alrededor de 65.000 hectáreas de donde se obtuvieron entre los meses de enero y junio 497.439 toneladas. España es el primer productor de alfalfa a nivel europeo y el segundo a nivel mundial. Actualmente, la alfalfa tras ser cortada recibe un proceso de deshidratación que facilita su mejor conservación, la homogeniza y le da un mayor valor añadido. La alfalfa deshidratada está siendo comprada por los Emiratos árabes y sus países vecinos para la alimentación ganadera, tanto ovina, vacuna y caprina. [37]

Valorando la viabilidad de la alfalfa descubrimos que actualmente tiene una gran demanda, es cara de sembrar por todos los tratamientos y fertilizantes que demanda, lo que aumenta el coste de esta materia prima y encareciendo los costes de la producción de bioplástico a partir de ella. Por este motivo, deseamos la alfalfa.

- Colza (*Brassica napus*)

Planta silvestre originaria de la costa atlántica suroeste europea y la zona mediterránea. Presenta raíces pivotantes, un tallo erecto y su flor característica de color amarillo. **[38]**

El cultivo de colza se realiza en invierno, es anual y no necesita grandes cuidados por parte del agricultor por tratarse de una planta silvestre. Se adapta a cualquier terreno, bien sea arcilloso, pedregoso, ácido o básico, aunque bien es verdad una alta eficacia del cultivo lo fijará la profundidad del terreno. La colza es utilizada hoy en día como cultivo de recuperación de los terrenos a través de las rotaciones. Es capaz de limpiar las parcelas de malas hierbas porque es una planta alta y con hoja ancha que evita que la luz incida a las plantas más pequeñas que esta. Gracias a la raíz pivotante, mejora la estructura del suelo permitiendo un cultivo sucesor más fructífero. Aprovecha los nutrientes que otros cultivos como el trigo y la cebada no han utilizado. Se ha estimado que en cultivos posteriores a la colza la eficiencia puede llegar a aumentar hasta un 15% en el caso del trigo. Además, como su época de cultivo es en septiembre, no es necesario emplear grandes cantidades de agua para su riego ya que se abastece de las lluvias otoñales. **[39]**

Ante la flexibilidad y la buena capacidad de adaptación de los cultivos de colza es una seria opción para ser la materia prima del bioplástico. Además, uno de los principales usos de la colza es la obtención del aceite de colza, que está sobradamente demostrado que es perjudicial

para la salud, por lo tanto hay poca demanda de esta planta y su precio es bajo, reduciendo así los costes del proceso.

- Cardo (*Cynara Cardunculus*)

Planta vivaz con raíces fuertes y poderosas, que crecen en la profundidad para alcanzar capas de aguas y nutrientes internas.

El cardo está adaptado a climas mediterráneos y continentales, con veranos áridos y calurosos e inviernos duros, es sensible a las heladas, paralizando su crecimiento por debajo de los -5° C. Necesita de suelos profundos y ligeros, de naturaleza caliza o alcalina. Tolera muy mal el encharcamiento, por ello que necesita la preparación del terreno para fomentar el drenaje y la penetración de las raíces (subsulado, Vertedera y Chisel). Se siembra en Marzo y durante el primer año es la fase de implantación, donde la planta alcanza el estado de roseta, ya en el segundo año se puede cosechar en otoño (Septiembre) y comienza a necesitar abonado. El rendimiento medio ronda entre las 1000-1700 Kg/Hectárea y temporada. Su precio es similar al del girasol.

Por adaptarse bien al clima y al suelo de la comunidad podría ser una buena alternativa, pero no podemos olvidar que se trata de una planta bianual dificultando el trabajo en continuo de nuestra planta. Por lo tanto, la eliminamos como posible candidato. **[40][41]**

- Guisante (*Pisum Sativum*)

Planta leguminosa de raíces superficiales y frágiles que presenta su fruto en forma de vaina de color verde, en su interior se encuentra el fruto, comúnmente de forma redonda y también de color verde. **[42]**

El cultivo de guisante es interesante porque aporta interesantes ventajas agrónomas, como aportar una buena recuperación del terreno, mejorando el rendimiento de los cultivos posteriores hasta un 20%, aún más que si el terreno hubiera estado en barbecho. Además, fija el nitrógeno al terreno y mejora la estructura del terreno. Es

recomendable rotar el cultivo de guisante cada 2 o 3 años. Existen dos variedades de cultivo, bien la siembra de guisante de ciclo largo comenzando en noviembre y diciembre y durando aproximadamente un año, y la siembra de guisante de ciclo corto, llegando a durar hasta 14 semanas y comenzando entre octubre y noviembre. [43]

La producción de guisante depende principalmente de la correcta selección de la variedad para el terreno que se va a utilizar. Por otra parte, el cultivo de guisante prefiere climas frescos, con veranos tardíos y temperaturas moderadas. Acepta cultivos de secano y de regadío; para las condiciones de suelo no acepta los extremos, ni terrenos muy arenosos y sueltos, ni los terrenos fuertes y compactos.

La situación del guisante en Castilla y León es discontinúa, su rendimiento volátil puede hacer que un cultivo anual aporte 800 Kg por hectárea o hasta 2000 Kg, por lo que no muchos agrónomos se lanzan seguros a su plantación. Se está investigando la mejora de las semillas por tratamientos genéticos para aumentar su rendimiento y hacer a esta planta, inmune a enfermedades típicas de la región. Su principal uso está destinado a la alimentación ganadera. [44]

Al igual que los agricultores de Castilla y León, no podemos plantear un proceso de bioplástico con unas fluctuaciones tan grandes en la producción por muy bueno que sea la labor del guisante en la rotación de cultivos.

- Maíz (*Zea Mays*)

Planta gramínea anual, con raíces en forma de cabeza para sujetar adecuadamente la planta al suelo puesto que en edades maduras tendrá un porte robusto, con tallo erecto de hasta 4 metros. En la misma planta podemos encontrar flores masculinas (situadas en el penacho) y flores femeninas (situadas en la mazorca). Su fruto es alargado y cilíndrico, de un color amarillo característico, la mazorca de maíz.

Su crecimiento es rápido, aparecen los primeros brotes 10 días después de la siembra, en el mes de abril. Para ello, es necesario una cuidada preparación del terreno, el arado permitirá que el terreno esté esponjoso para favorecer la absorción de agua, también necesita un correcto abonado de fondo, aportando cantidades de potasio y fósforo en función del sustrato del terreno, por otra parte, el aporte de nitrógeno debe ser de diferentes maneras (nitríco, amoniacal), ya que fija la eficacia esperada. Por otra parte, el maíz es sensible al crecimiento de malas hierbas, por lo que hay que controlar su crecimiento a través de herbicidas. [45][46] Las necesidades del cultivo respecto a la humedad es muy variada, por un parte, en la edad más temprana, el aporte de agua debe ser mínimo, mientras que en el periodo previo a la floración la planta de maíz es muy sensible a la sequía y la disminución del rendimiento por falta de aporte hídrico puede alcanzar el 60%. Se cifra que el aporte de agua anual para una planta de maíz varía entre los 500-800 mm por lo que será necesario aporte de riego complementario a la lluvia. El abanico de temperaturas también es diverso, la planta de maíz sufre a partir de los  $-1^{\circ}\text{C}$  y los  $35^{\circ}\text{C}$ , el cual, es muy amplio. Respecto a las necesidades del suelo, crece correctamente en cualquier tipo de suelo, pero el idóneo es un suelo de textura media, entre franco y franco-limoso. [47]

Aportando alguna cifra del cultivo de maíz en la región de Castilla y León, este año 2019 se han recogido aproximadamente 700.000 toneladas en 57.233 hectáreas, lo que proporciona un rendimiento de 12.500 kilogramos por hectárea, mucho mayor que el rendimiento del año anterior que apenas alcanzaron los 9.500 kilos por hectárea. [48] De esta manera, el maíz, como cultivo ideal para las plantaciones de regadío de la región, también se plantea como una opción a considerar en nuestro proceso. Bien por la cantidad de maíz que producimos, y bien también por su precio, pues su uso principal está destinado a la alimentación ganadera.

- Trigo (*Triticum*)

Gramínea con diversas especies en función del número de cromosomas. El sistema radicular es fasciculada (sin presencia de raíz principal, más bien presenta un manojo de raíces del mismo grosor). El tallo en su principio es macizo pero a medida que se desarrolla se va volviendo hueco, salvo en las uniones, que permanecen macizos. Su inflorescencia tiene forma de espiga, conformada por un eje central del que van creciendo las espigas de forma alternativa, de derecha a izquierda. [49]

El trigo está caracterizado como un cereal de invierno, lo que nos hace entender que soporta bien las bajas temperaturas. De hecho, es capaz de soportar los -10° C, en su etapa de juventud la resistencia al frío se debe a los azúcares acumulados de su ciclo vegetativo; tras esta etapa, se considera que el trigo está “endurecido”, esta característica se va perdiendo a medida que las temperaturas se suavizan. De esta forma, cuando comienza el encañado el cereal acusa más las bajas temperatura. En términos de humedad, se ha observado que el trigo crece con mínimo 250-350 mm de lluvias anualmente, siempre y cuando esté repartido de forma uniforme, aún así, es sensible a la sequía excesiva. En cuanto al suelo, el trigo se desarrolla correctamente en suelos profundos, perjudicando los suelos arcillosos con exceso de humedad y los arenosos, por su exceso de drenaje. [50]

La cosecha de trigo del 2018 superó los 7 millones de toneladas en nuestra región, siendo la segunda mayor cosecha en los últimos cinco años. [51] Así, Castilla y León se presenta como una de las principales comunidades productora de trigo blando y duro, utilizado en alimentación humana y animal.

De nuevo el trigo es una alternativa a nuestro proceso, por la cantidad de materia prima que se produce y por su precio.

- Remolacha (*Beta vulgaris*)

Planta herbácea bianual, con una raíz engrosada característica por su color morado y por su abundante composición en azúcar.

En los cultivos de la remolacha, son precisas labores de alzado del cultivo anterior, para enterrar los restos de la temporada y facilitar un buen crecimiento de las raíces posteriores. También, es necesario hacer labores intermedias de gradeo y pesado, preparación del lecho y utilización de herbicidas para eliminar las restantes *malas hierbas*. El mejor momento para sembrar la remolacha está entre finales de octubre y primeros de noviembre, de esta forma la remolacha alcanza un desarrollo adecuada para enfrentarse al calor del verano y así también, se aprovechan mejor las lluvias otoñales. La germinación y el crecimiento adecuado para una planta de remolacha necesita de una fertilización fosfórica y nitrogenada en fondo. Además, el riego será el factor dominante relativo al peso y la riqueza del fruto. La falta de agua producirá una remolacha pequeña y con alta polarización; su exceso, en cambio, producirá un aumento del peso de la raíz y una baja polarización. [52] A día de hoy, la remolacha es uno de los principales motores económicos y el cultivo clave de la comunidad autónoma de Castilla y León, esta, produce alrededor del 70% de la producción nacional dentro de las 26.000 (Año 2018) hectáreas que se dedican a su plantación. No obstante, el sector está sufriendo los últimos años un grave declive, desde la liberalización del mercado, la bajada de rendimiento de la hectárea castellano leonesa debido a causas climatológicas o la incertidumbre debido a ser el penúltimo año del Acuerdo Marco Interprofesional 2015-2020, por el que se garantiza la compra y la estabilidad de los ingresos de los agricultores. Todo ello está provocando que la tendencia de la remolacha esté en disminución constante. A continuación, se presenta un gráficamente la evolución de la superficie y del número de cultivadores de la región desde el 2011.

[53]

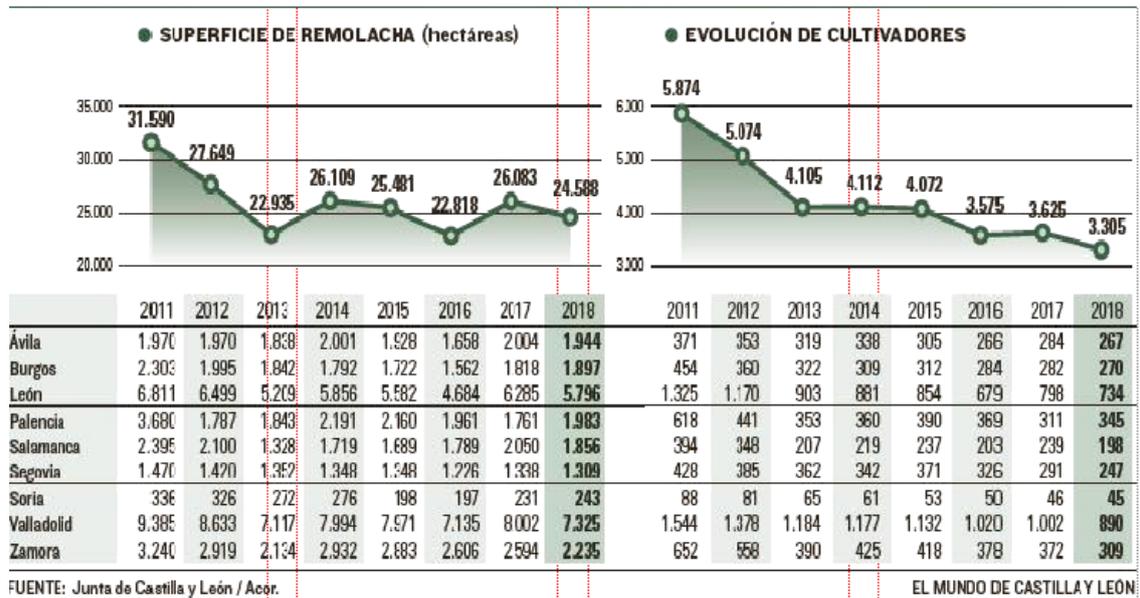


Ilustración 3: Evolución de superficie y número de cultivadores de remolacha en Castilla y León. EL MUNDO DE CASTILLA Y LEÓN.

Vamos a valorar las alternativas que nos planteamos, recordado que son: la colza, el maíz, el trigo y la remolacha. El maíz, a pesar de su buena producción, necesita de muchos cuidados del terreno previos y su uso en alimentación animal y humana hace que su precio se dispare, haciendo de este la materia prima más cara. Entre estas tres alternativas restantes, se valora el grado de desarrollo de los procesos de obtención de bioplástico a partir de estos mismo como materia prima. Tras una búsqueda bibliográfica encontramos que hay muy poca del trigo y que con la colza se están fabricando polímeros biodegradables súper absorbentes, pero aún con poco desarrollo técnico. De la remolacha observamos que hay gran cantidad de bibliografía para la síntesis de PLA (ácido poli-láctico) a partir del azúcar extraído de la remolacha como materia prima.

Por lo tanto, concluimos que la materia prima que planteamos en este trabajo será la remolacha, por ser el cultivo estrella de la región, porque en los últimos años el sector de la remolacha es débil debido a la especulación y porque el biopolímero que se sintetiza es de los más extendidos bien por ser adecuado para medias y bajas temperaturas, por tener características comparables a polímeros tradicionales como el

polietileno (PET) , por ser tratable por técnicas propias de los polímeros sintéticos o por ser compostable entre 60-180 días. [54]

### 5.3 Proceso productivo del bioplástico:

EL PLA es un biopolímero termoplástico que presenta una amplia variedad de propiedades, desde su estado amorfo hasta el cristalino, sus propiedades pueden variar en función de la mezcla de entre los isómeros D(-) y L(+) (Se explican las causas de las propiedades isoméricas en el apartado 3.3.2). El PLA tiene propiedades mecánicas en el mismo rango que los polímeros sintéticos o sino, pueden ser modificadas durante la polimerización con aditivos. En la siguiente tabla se presenta una comparación de propiedades de plásticos sintéticos con la del PLA:

Polímero	Fuerza de Tensión (Mpa)	Modulo de Tensión (Gpa)	Temperatura Max Uso (°C)
LDPE	6.2-17.2	0.14-0.19	65
HDPE	20-37.2		121
PET	68.9	2.8-4.1	204
PS	41.3-51.7	3.1	78
PA	62-82.7	1.2-2.8	
PP	33-37.9	1.1-1.5	121
PLA	40-60	3.5	50-60

*Tabla 3: Comparación de las propiedades del PLA con plásticos sintéticos*

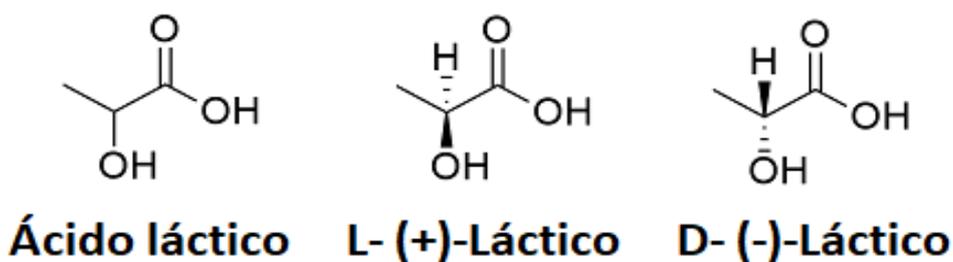
Destacando más propiedades de este material, su barrera de agua y CO<sub>2</sub> es bastante buena, la barrera al O<sub>2</sub> es considerada buena. Además, puede ser tan duro como el acrílico o tan blando como el polietileno, rígido como el poliestireno o flexible como un elastómero. Es considerada una sustancia GRAS, lo que significa que está reconocida como segura y puede ser utilizada como material de empaque para alimentos, tras demostrar su cumplimiento en funciones de protección mecánica, barrera de humedad, de luz, grasas y gases. Por si no fuera poco, gracias a su capacidad degradativa, está siendo empleado como hilo para sutura, implantes, cápsulas para la liberación lenta de fármacos o prótesis. [55]

### 5.3.1 Extracción del azúcar de la remolacha:

El primer paso en la síntesis del PLA es la extracción del azúcar de la remolacha. El proceso comienza con la limpieza de la arena, piedras y raíces que trae la remolacha, generalmente se hace con agua a contracorriente dentro de un tambor giratorio.[56] A continuación, la remolacha se corta en láminas con la mayor superficie posible, denominándose “coquetas”. Después, a las coquetas se le extrae todo el material soluble utilizando rodillos y agua caliente en contracorriente. La temperatura es crucial para la difusión ya que favorece el transporte de la sacarosa a través de las vacuolas y la pared vegetal de las células vegetales. [57] En el caldo restante hay disueltas distintas sustancias a parte de la sacarosa, componentes nitrogenados y salinos que le confieren a la solución un pH ácido capaz de provocar la descomposición de la sacarosa, además, también hay sustancias coloidales de la remolacha. Es necesario por lo tanto un proceso de depuración del jugo. Comienza con una adición gradual de lechada de cal para neutralizar los coloides (preencalado), a continuación al jugo preencalado se le añade más lechada de cal que actuará sobre todos los ácidos orgánicos e inorgánicos transformándolos en sales, que precipitan junto a los materiales peptídicos, colorantes, gomas y albuminoides. Además, descompone el azúcar invertido para conferir termoestabilidad al jugo, lo esteriliza acabando con las bacterias fermentadoras y arrastra partículas. A partir de ahora se realizarán dos aportes de anhídrido carbónico por borboteo, de esta manera, tras las carbonataciones, el jugo habrá precipitado el exceso de cal, se habrá eliminado por adsorción las gelatinosas y los colorantes y su pH se habrá alcalinizado. Entre ambas carbonataciones habrá una operación de separación del precipitado por filtración o decantación. Finalmente, el jugo se trata con sulfitos para reducir su viscosidad y se endurece con agua y una resina intercambiadora de iones calcio y magnesio por iones sodio. Una vez el jugo está purificado se le elimina el exceso de agua por evaporación para dar lugar al jarabe que se utilizará como material de síntesis del biopolímero.

### 5.3.2 Ácido láctico y su producción:

EL PLA es el polímero del ácido láctico, este monómero es obtenido por fermentación de la glucosa. El ácido láctico o ácido 2-hidroxi-propanoico, es soluble en agua y presenta un centro estereogénico, es decir, es una molécula orgánica ópticamente activa. Como consecuencia de ser una molécula enantiomera, entre ellos (Distribución L y D) no cambian ni las propiedades físicas ni químicas a excepción del ángulo de polarización de la luz y la reactividad con otras moléculas quirales. Esta última propiedad es de gran importancia en nuestro proceso productivo, ya que como se comentó anteriormente, el PLA es usado principalmente para aplicaciones biomédicas y en la industria alimentaria. Hay que destacar, que la mayoría de las moléculas presentes en los seres vivos son quirales, luego habrá distinta actividad biológica en función del enantiómero que se utilice. Por lo tanto, en el proceso productivo de ácido láctico nos centraremos en obtener el enantiómero L, porque es metabolizado por los mamíferos al utilizar anabólicamente el glucógeno en los músculos para obtener energía; produce cansancio y dolor muscular. El enantiómero D no es posible sintetizarlo naturalmente ya que no contamos con las enzimas específicas, por lo que es una sustancia tóxica para los seres vivos. [58]



*Ilustración 4: Actividad óptica del Ácido láctico.*

El ácido láctico generalmente es utilizado como solvente en la limpieza industrial de metales, humectante en cosmética y productos de higiene, curtido de cuero o en la industria alimenticia para aportar sabor agrio a refrescos, como conservante de carne o control de patógenos y bacterias. En la naturaleza lo podemos encontrar siempre en forma de enantiómero L, metabolizado por los mamíferos al utilizar anabólicamente el glucógenos en los músculos para obtener energía; produce cansancio y dolor muscular.

El enantiómero D no es posible sintetizarlo naturalmente ya que no contamos con las enzimas específicas, por lo que es una sustancia tóxica para los seres vivos.

El proceso de fermentación de la glucosa para obtener ácido láctico fue descubierto por Carl Wilhelm Scheele en 1780 y ha sido aplicado industrialmente desde entonces. Existen aproximadamente 20 géneros de bacterias que sintetizan el ácido láctico, pero que fermenten sacarosa únicamente son capaces las bacterias *Lactobacillus delbreuckii bulgaris* y *Lactobacillus lactis*. Hoy en día se trabaja con la ingeniería metabólica para modificar las cepas de bacterias salvajes y así alcanzar mejores rendimientos. En el proceso de incubación bacteriana habrá que aportar nutrientes para asegurar el bienestar de la población, por lo que en el tanque fermentador se añadirán vitaminas B, aminoácidos, minerales, péptidos, ácidos grasos, carbohidratos y bases nitrogenadas. [59] Se han encontrado pruebas en las que se utiliza sangre de res en lugar de aportar aminoácidos en una proporción constante del 20% en volumen. Las condiciones dentro del tanque se fijan a 48° C y un pH entre 5,5-6 en el periodo de incubación de las bacterias que dura aproximadamente 24 horas. [60]

Se pueden dar tres tipos diferentes de fermentación en función del estado de la población bacteriana: La homofermentación, alcanza rendimientos próximos al 85% partiendo de una molécula de glucosa y obteniendo dos moléculas de ácido láctico y dos de ATP (adenosín trifosfato, molécula transportadora de energía); la heterofermentación produce rendimientos inferiores al 50% y a partir de una molécula de glucosa se producen una de ácido láctico, una de ATP y una molécula de etanol y de dióxido de carbono como subproductos; por último, la heterofermentación extraña la realizan un número reducido de especies bacterianas sintetizando a partir de una molécula de glucosa una molécula de D-ác. láctico, ácido acético y dióxido de carbono. A la vista está que la fermentación más efectiva es la homofermentación, por lo que habrá que ajustar cuidadosamente las condiciones del reactor de fermentación para asegurar que el inocuo (otra forma de llamar a las bacterias) trabajará de la forma que nos interesa. [59]

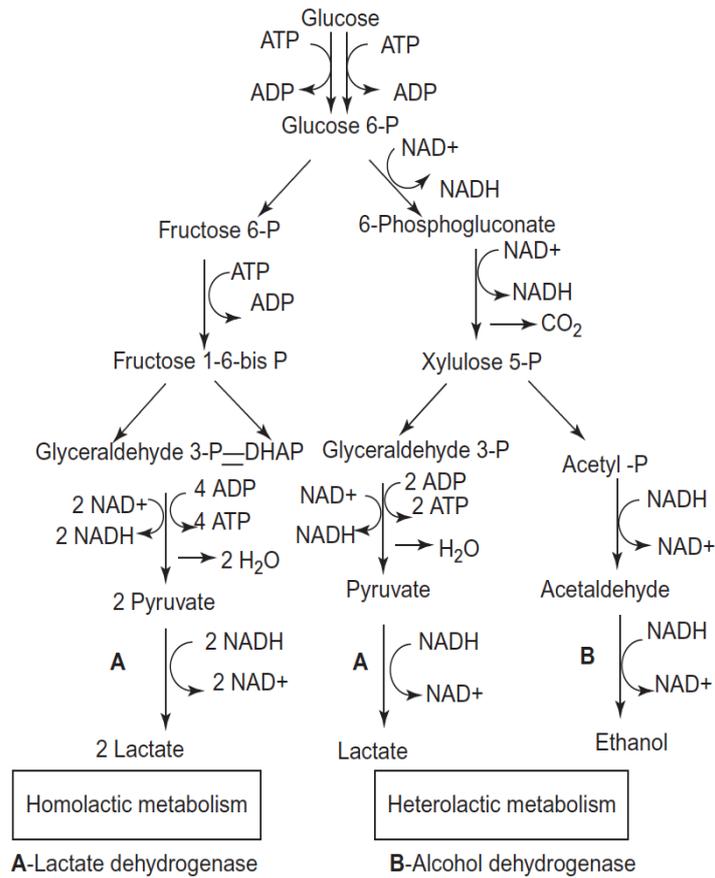


Ilustración 5: Formas de fermentación: homofermentación y heterofermentación

El proceso de fermentación dura entre 3 y 6 días, la concentración de azúcar no puede ser inferior al 5% (por debajo es insuficiente e improductivo para el crecimiento de los microorganismos) y no puede estar por encima del 8% (produce inhibición del crecimiento por el aumento de la presión osmótica). Habrá que incluir además extracto de levadura, fosfato dipotásico ( $K_2HPO_4$ ), sal de Epsom®, sulfato de magnesio heptahidratado ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), sulfato de magnesio monohidratado ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ ), Tween™ 80, lactosa y Cisteína hidrociorada. Todo ello asegura un medio óptimo de reacción según la Patente USA 6 319 382 B1 Norddhal (2001).

La variable principal a controlar en esta etapa es el pH de la mezcla que debe permanecer constantemente neutra. Por esto hay que evitar la acumulación del ácido láctico en el medio de fermentación, de no ser así se tornará ácido el pH y habrá inhibición de la acción bacteriana. Añadiendo constantemente bases conseguiremos transformar el ácido en sal (sal de lactato). Se pueden utilizar como bases el hidróxido de calcio, el hidróxido de sodio o el amoníaco, entre ellas es preferible utilizar la última

porque tiene la ventaja de proporcionar al medio una nueva fuente de nitrógeno como nutriente para las bacterias. Para recuperar el ácido láctico del estado de lactato, se añadirá ácido sulfúrico, dando lugar a un precipitado denominado “Yeso” que se extrae por filtración. Este subproducto se obtiene en una proporción 1:1 respecto al ácido láctico, puede ser vendido como material de construcción.

El caldo de ácido láctico deberá ser purificado a través de una serie de operaciones de separación que se describen a continuación:

- Electrolisis: Operación en continuo que conduce los iones de lactato hacia una membrana con potencial eléctrico. Se trata de una operación cara pero tiene la ventaja de no necesitar una nueva acidificación del medio.
- Ósmosis inversa: Operación en continuo en la que el ácido láctico atraviesa la membrana. Tiene el sobrecoste de la caída de presión o caída de membrana pero de nuevo tiene la ventaja de no necesitar una nueva acidificación del medio.
- Extracción líquido-líquido: Otra operación en continuo que utiliza la diferencia de solubilidad del ácido en un solvente diferente. En esta serie de tres operaciones se alcanza mayor productividad gracias al bajo nivel de ácido en el fermentador.
- Intercambio de iones: El ácido láctico es purificado de la solución acuosa (solvente) gracias a una resina que contiene un amino complejo. Como contrapartida encontramos el alto precio de la resina y que hay que regenerarla cada cierto tiempo.
- Destilación en vacío: En esta operación el ácido láctico es separado de los componentes más volátiles. Hay que controlar muy bien esta separación puesto que el ácido puede comenzar a polimerizar dando lugar a oligómeros.

- Proceso de insolubilidad salina: La base utilizada para la neutralización se precipita formando la sal correspondiente.
- Esterificación: Destilación de los ésteres volátiles aportando una alta calidad al producto. Los ésteres obtenidos de lactato se vuelven a convertir de nuevo en ácido láctico.

En el proceso de purificación no se pueden separar la mezcla racémica D y L. Por ello, el proceso debe ser llevado a cabo en condiciones bajas de temperatura para evitar la reconversión D-L y la formación de una mezcla racémica. Además, es interesante que el único enantiómero presente sea el L ya que la mezcla modificará las propiedades mecánicas y biodegradables del PLA. [59]

Resumiendo, la obtención de ácido láctico depende de la población de bacterias, la concentración de sacarosa, el pH y la temperatura. Todo ello se puede aunar en modelo *matemático de Luedeking y Piret* (relaciona el crecimiento de microorganismos con la síntesis de producto) para evaluar la formación de ácido láctico a través de una relación lineal. Así, podemos afirmar que si aumenta la concentración de inóculo disminuirá evidentemente la de sacarosa provocando un aumento en la producción de la fermentación. De forma inversa, si disminuye el inóculo, aumentará la concentración de sacarosa y disminuirá la producción de la fermentación. Se debe a que un aumento de la presión osmótica del sustrato produce un efecto inhibitorio en el crecimiento de los organismos. Si aumenta el inóculo y disminuye la concentración de sacarosa también lo hará la presión osmótica del medio y la producción aumentará.

Para hablar de productividad utilizaremos los ensayos utilizados por Feoli Bonille M. et al. [60]:

[Inóculo]	[Sacarosa]	[Ác láctico]
1.0%	60 g/l	0.21 g/lh
1.0%	120 g/l	0.27 g/lh
2.5%	100 g/l	0.57 g/lh

Tabla 4: : Experimentación para el cálculo de la productividad realizado por Feoli Bonille M. et al.

Donde se demostró que hay una relación directa entre la producción de biomasa y la producción de ácido láctico. Por último, para calcular el rendimiento de la fermentación se utilizó una muestra al 10% de inóculo con 160 g/l de sacarosa, alcanzando una producción de 1.15 g/l·h de ácido láctico, lo que representa un rendimiento del 62%.

### 5.3.3 Polimerización del ácido láctico:

El proceso de polimerización del ácido láctico hacia PLA tiene distintos métodos, existe el método de Apertura de anillo que sintetiza un producto intermedio llamado Lactida y un PLA que se denotará "Polylactide" que tendrá un bajo peso molecular; también el método de policondensación que es más sencillo y su producto se denomina Poly(lactic acid).

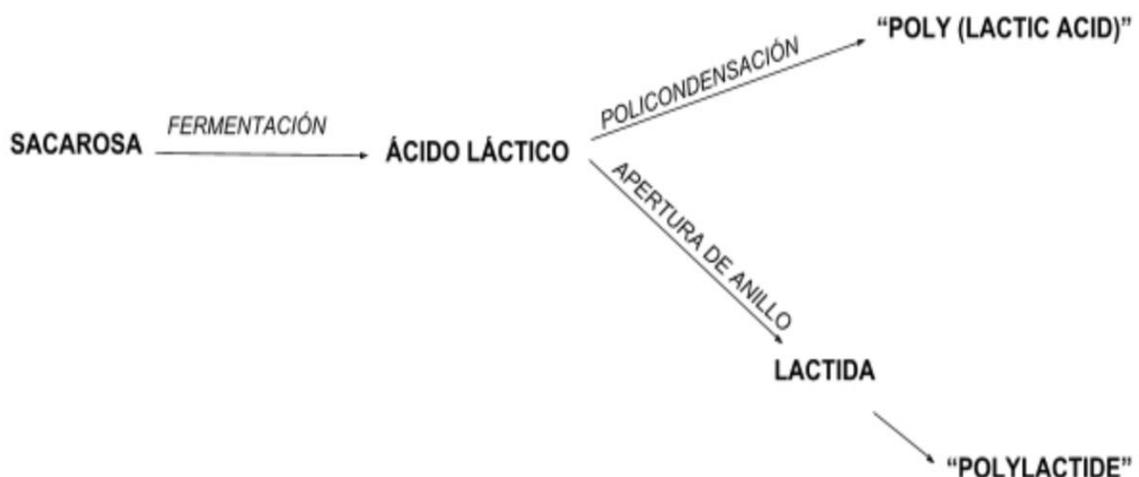


Ilustración 6: Métodos de polimerización del PLA.

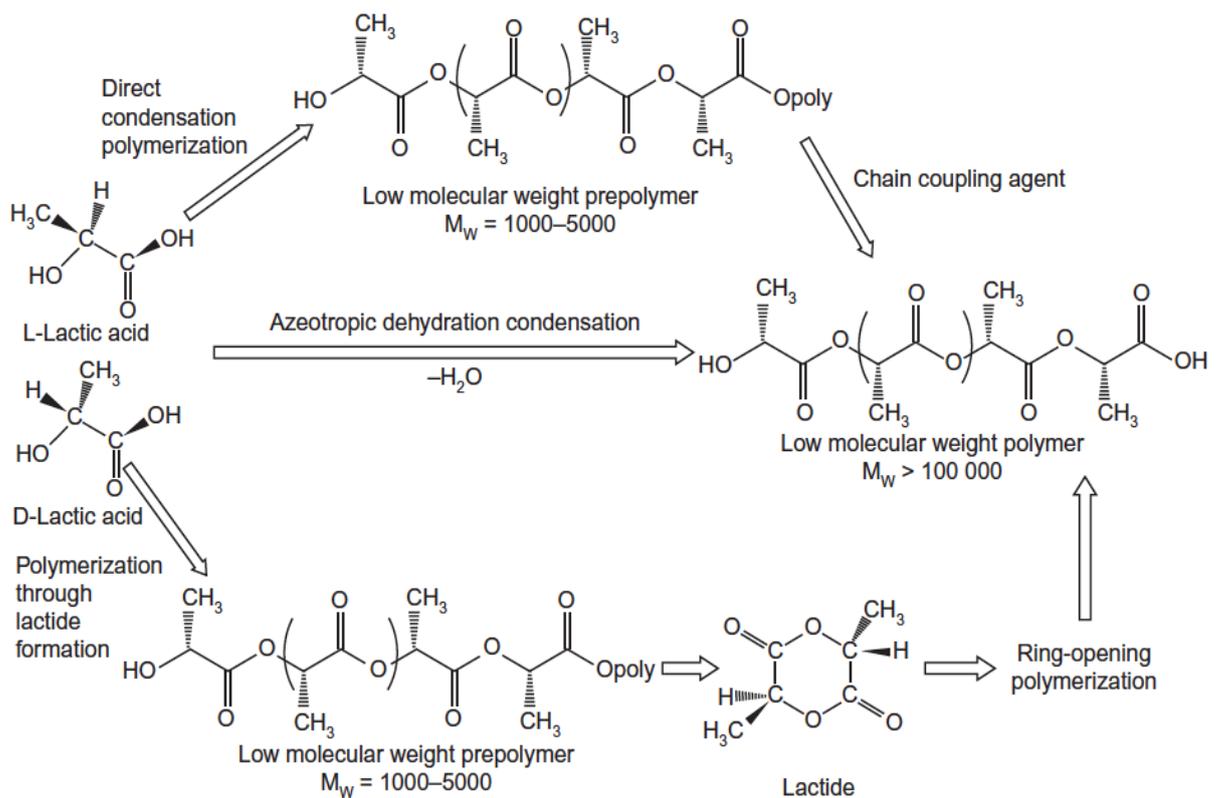
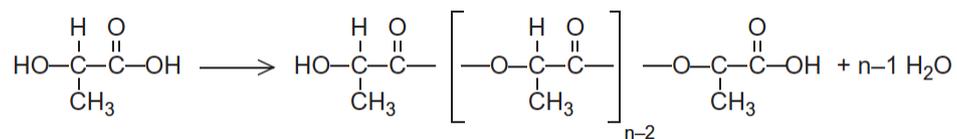


Ilustración 7: Mecanismos de reacción de los distintos métodos de polimerización del PLA.

En nuestro trabajo utilizaremos el método de Apertura de anillo porque es el más extendido en la industria según las fuentes bibliográficas que hemos consultado. Este método fue publicado por primera vez en 1932 con la firma de Carothers. Posteriormente fue patentado por DuPont tras conseguir que el proceso fuera rentable introduciendo una secuencia de operaciones de separación y purificación. El número de la patente que describe este proceso es Patent USA 5 274 073. [61]

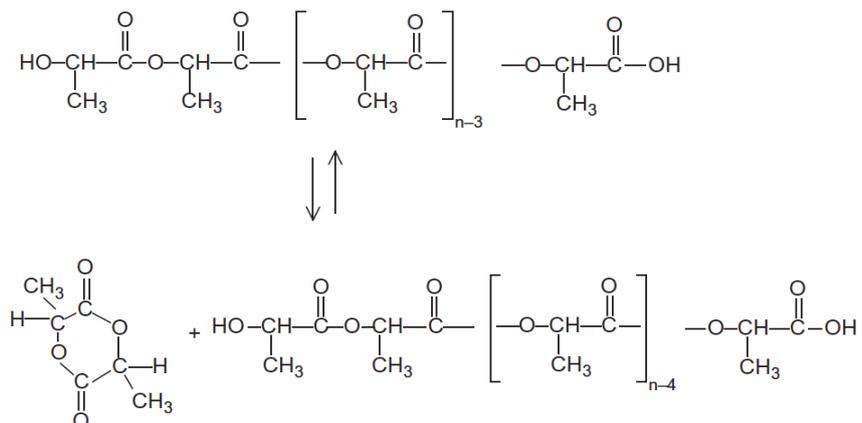
En la primera etapa de la polimerización, se obtiene un prepolímero de bajo peso molecular (1000-5000) por la falta de reactividad de los grupos terminales. Este es inutilizable por ser un material débil, con propiedades frágiles. El proceso comienza con un evaporador, el ácido láctico que se vende comercialmente o el que obtenemos de la fermentación está diluido en un 15% (el resto es agua) y puede contener componentes orgánicos como impurezas (carbohidratos, proteínas, aminoácidos, aldehídos, cetonas...). El objetivo de la operación es concentrar el ácido por encima de un 85%, la condición que rige esta operación es que la presión debe ser inferior a una

atmósfera para reducir el aporte de calor y evitar la formación de la mezcla estereoisomera D-lactida, L-lactida o la meso-lactida que como ya hemos indicado anteriormente deteriora significativamente las propiedades del polímero final. El evaporador que se utiliza puede ser de distintos tipos, bien puede ser diseñado expresamente para que cumpla las necesidades de pureza de esta operación, o bien se pueden utilizar evaporadores convencionales como de múltiple efecto, de película fina o con caída de película. La segunda etapa es la introducción del ácido láctico concentrado en un prepolímero, que también será de nuevo un evaporador. Además de eliminar agua, se producirá la polimerización por condensación para formar el oligómero Lactida, cuyo peso molecular ronda entre los 400-2500u. En la polimerización, los grupos alcoxi reaccionan con la molécula de ácido más cercana para desprender una molécula de agua:



*Ilustración 8: Polimerización por condensación para formar el oligómero Lactida.*

La evaporación del agua formada es una parte importante de esta etapa, porque debido al equilibrio inherente de la reacción, la despolimerización se produciría simultáneamente a la polimerización de no ser por la falta de este reactivo.



*Ilustración 9: Representación del equilibrio de la reacción de polimerización de ácido láctico para dar el oligómero Lactida.*

El diseño de los equipos será más efectivo y fácil de controlar si se realiza por separado la unidad de evaporación y la unidad de prepolimerización. De esta forma, se recomienda recircular el agua evaporada para reducir las pérdidas de ácido y a la vez, concentrar el ácido láctico en un volumen reducido del prepolimerizador para dirigir el sentido de la polimerización y aumentar su eficiencia. En la tercera etapa de la polimerización, el vapor de lactida contiene impurezas como agua, ácido láctico y dímeros del ácido, para purificarla hasta un aceptable 75% se hará pasar por un condensador parcial para eliminar el agua y por una torre de destilación que separará por la corriente de destilado los componentes volátiles como agua y ácido y por la corriente de colas saldrán oligómeros con más de tres unidades repetidas. Ambas corrientes serán recicladas para mejorar el rendimiento del proceso y reducir las pérdidas. La lactida purificada se extrae por una corriente intermedia de la torre de destilación. A continuación, la lactida cerca de su punto de ebullición es introducida en un reactor que se calienta de manera escalonada desde los 130° C hasta los 220° C a una presión de 5mmHg, según la patente US 6 569 989. **[62]** En las condiciones finales, habrá que añadir un catalizador metálico (Hidróxido de un metal alcalino, la sal de calcio o zinc de un ácido orgánico, polvo de estaño...etc) en una proporción de 0.001-0.01% en masa para aumentar la selectividad de la reacción y acortar el tiempo de reacción. Así, se obtendrá un rendimiento alto de entre 1000-3500u. El diseño del equipo, debe considerar que el PLA de cadena larga que no reaccione en este reactor por su alto punto de ebullición tiene que ser purgado por la parte inferior del reactor. Este volverá a ser reciclado o bien en el reactor de pre-polimerización o en el reactor de lactida tras sufrir una trans esterificación para formar oligómeros de cadena corta. Por último, la polimerización final de la lactida dependerá del catalizador que se utilice y las especificaciones del producto final. A continuación, se describen dos procesos con dos catalizadores distintos y productos finales con usos distintos. La polimerización por apertura de anillo necesita de un medio aniónico o catiónico para que se inicie y conseguir así altos valores de reactividad y selectividad junto con valores bajos de impurezas y mezclas racémicas. Como iniciador catiónico la bibliografía propone el ácido sulfónico trifluometano ( $H_2SO_3-CHF_3$ ) para trabajar a temperaturas bajas de 100° C y obtener un producto ópticamente puro. A su vez, como iniciador aniónico se

plantea el metóxido de potasio ( $\text{CH}_3\text{ONa}$ ) proporcionando una mezcla racémica del 5% a una temperatura de  $120^\circ\text{C}$ . A pesar de las buenas características de los iniciadores, ambos son altamente tóxicos, por lo que las aplicaciones del polímero obtenido se verán reducidas alejándose de la biomedicina o la conservación de alimentos (dos de los principales usos del biopolímero). [59] [60] El segundo plantea utilizar un catalizador metálico que también puede proporcionar procesos rápidos y alta eficiencia en la polimerización (hasta 250.000u). El Octoato de estaño ( $\text{Sn}(\text{Oct})_2$ ) en una proporción inferior a 10 ppm es soluble en la lactida fundida y hace alcanzar un rendimiento algo inferior al 90% y una productividad que reduce las mezclas racémicas por debajo del 1%. Con una productividad tan alta, es viable controles de las propiedades mecánica y biodegradables para las aplicaciones biomédicas en las que solo pueden estar presente el enantiómero L. El mecanismo de reacción consiste en la coordinación e inserción, el catalizador de estaño abre el anillo atacando al doble enlace con oxígeno más cercano y los grupos hidroxilos junto con los nucleófilo reacciona simultáneamente con el anillo abierto para desprender una molécula de agua (estado intermedio)

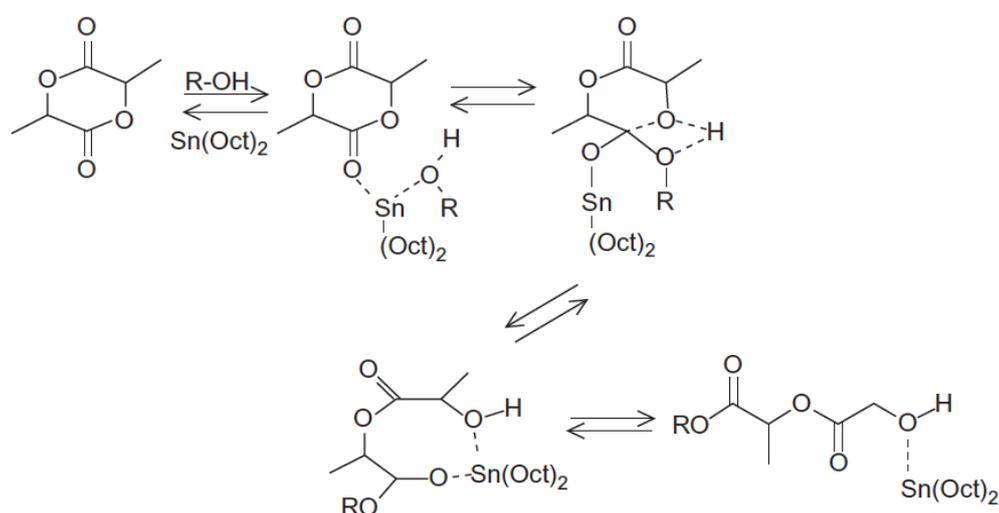


Ilustración 10: Polimerización por apertura de anillo de Lactida catalizada por Octoato de Estaño.

Las condiciones de operación especifican un rango de temperaturas entre  $180^\circ\text{C}$  y  $210^\circ\text{C}$ , una concentración del catalizador de entre 100 y 1000 ppm y un tiempo de operación de entre 2 y 5 horas. De esta manera, se alcanzan conversiones próximas al

95%, con baja mezcla racémica y una alta productividad en peso molecular del polímero. El residuo del catalizador al final del proceso puede dar problemas de hidrólisis, toxicidad o degradabilidad. Para evitarlo, el catalizador se desactivará con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) o se le hará precipitar añadiendo ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) hasta un nivel inferior a 10 ppm.

Para mejorar alguna de las propiedades del biopolímero, se puede añadir un nuevo monómero a la lactida para que se forme un copolímero. Por ejemplo, al añadir ácido Glicólico ( $C_2H_4O_3$ ) mejora la compatibilidad biológica y la capacidad del polímero de ser absorbido por el tejido vivo en aplicaciones biomédicas. El contenido de ácido glicólico debe ser superior al 80% en peso porque en una proporción inferior el copolímero carece de resistencia a la tracción ni a la retención. El proceso productivo es similar a la polimerización de la lactida ópticamente activa, el catalizador es el Octoato de Estaño [ $Sn(Oct)_2$ ]. En la primera etapa, se polimeriza hasta un 65-75% de lactida ópticamente activa y el resto de glicólico; en la segunda, se utiliza un contenido de copolímero alto (80%-90%). De esta manera, se obtiene un copolímero con una concentración de glicólico alta y buenas características biomédicas.

Por último, comentar que la utilización del copolímero E-caprolactona en la copolimerización de la lactida se utiliza en la fabricación de biomateriales para la manufactura de implantes quirúrgicos o portadores de medicamentos. Para conseguir sus buenas aplicaciones farmacéuticas se prefiere una colocación aleatoria de los monómeros en una proporción que ronda entre el 55%-70% de lactida y un 30-45% de E-caprolactona. [59]

#### 5.3.4 Control de calidad del PLA:

El PLA es usado comúnmente en productos de consumo doméstico, botellas o bandejas que están en contacto con alimentos o en la rama biomédica en forma de prótesis o inertos. Es por esto, que el PLA debe de pasar controles de calidad más estrictos que la comprobación de las meras propiedades mecánicas, en concreto, el porcentaje de D-lactida que contiene, puesto que como ya hemos dicho anteriormente, es tóxico para los seres vivos por carecer de una enzima que sea capaz

de desintegrarla. El proceso normalizado de comprobación de la calidad del PLA ha sido establecido por NatureWorks [63], uno de los principales productores de PLA del mundo:

En primer lugar, se comprueba la proporción de los estereoisómeros (L-lactida, D-lactida, meso-lactida) a través de una **Cromatografía de gases** (GC) usando un **detector de ionización de llama** (FID), este método GC/FID es válido para detectar proporciones en masa entre el 0,1-5%, satisfactorio porque la concentración de lactida en el PLA a una temperatura de 180° C no es superior al 3% en peso y después de una desvolatilización, inferior al 0,3%. Esta técnica analítica tiene una desviación relativa del 1,9% a la hora de calcular lactida en el PLA. El principal impedimento de este método es que solo se puede detectar dos picos, el de la meso-lactida y la mezcla de L-lactida y D-lactida en el mismo pico.

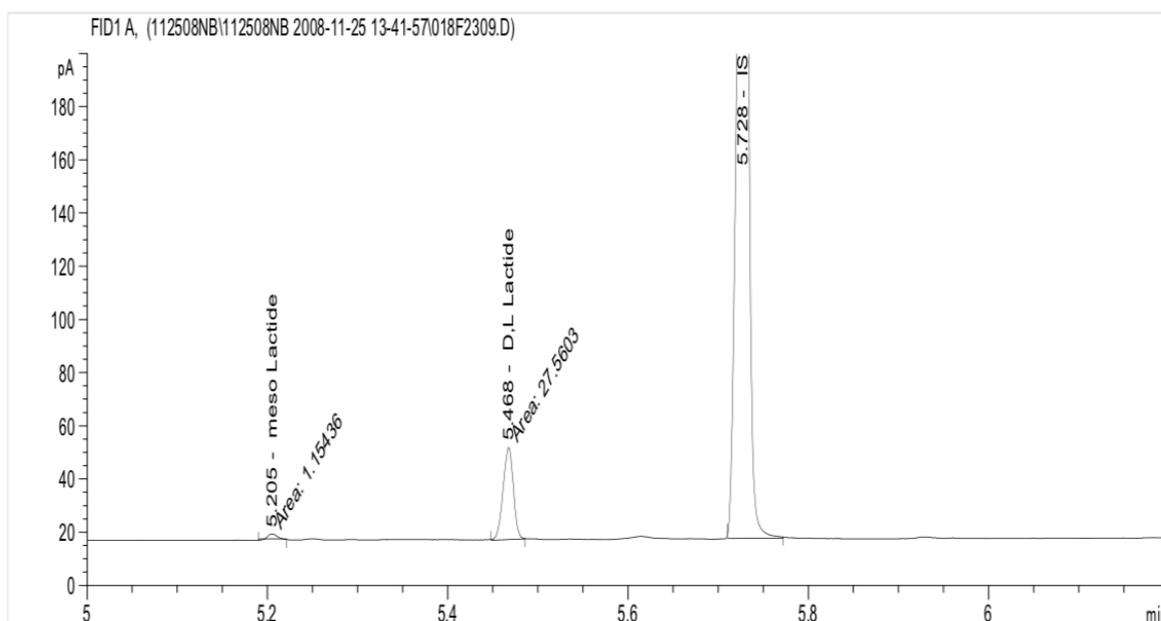


Ilustración 11: Ejemplo de una Cromatografía de gases con un detector de ionización de gases.

Realizada por

Para la utilización método del GC/FID, es necesaria la preparación de cuatro disoluciones:

- Internal standard stock solution (IS):  
Solución preparada por la mezcla de 2,6-dimetil-omega-pyrone con cloruro de metileno en condiciones diluidas.
- Lactide standard stock solution (LS):  
Solución preparada a partir de L-lactida de alta pureza con cloruro de metileno en condiciones diluidas.
- Lactide working standard solution (LW):  
Solución preparada por la mezcla de las disoluciones IS y LS en cloruro de metileno, añadiendo acetona y ciclohexano. Esta solución será analizada en el GC/FID.
- PLA solution samples:  
Esta solución se prepara para conocer el grado de composición de lactida en el PLA. Primero se mezcla una pequeña cantidad de PLA con la solución IS y diluido en cloruro de metilo. Posteriormente, una pequeña cantidad de acetona se le añadirá y será diluida en ciclohexano para formar la solución que se introducirá el GC/FID.

La lactida libre permanece en el cloruro de metileno mientras se agrega un exceso de ciclohexano para precipitar el PLA. Entonces, la solución debe ser filtrada e inyectada en el GC para que sea detectada por el FID. EL punto clave es la selección de la temperatura en el inyector de GC, siempre inferior a 200° C para evitar la posible oligomerización de la lactida con moléculas de bajo peso molecular de PLA.

El cálculo de la lactida residual (g) descrito anteriormente se relaciona con una columna capilar DB-17 ms (AgilentJ&W)

$$RRF = \frac{\text{Área de D y L - lactida}}{\text{Cantidad (g) de D y L - lactida}} \cdot \frac{\text{Cantidad (g) de IS}}{\text{Área del pico de IS}}$$

*Cantidad de D y L – lactida (g)*

$$= \frac{\text{Área del pico de D y L – lactida}}{RRF} \cdot \frac{\text{Cantidad (g) de IS}}{\text{Área del pico de IS}}$$

$$\% \text{ masa de D y L – lactida} = \frac{\text{D y L – lactida (g)}}{\text{Peso de la muestra}} \cdot 100$$

*Ecuación 1, 2 y 3: Cálculo del porcentaje de D y L lactida en el PLA*

*Cantidad de Lactida meso (g)*

$$= \frac{\text{Área del pico de lactida meso}}{RRF} \cdot \frac{\text{Cantidad (g) de IS}}{\text{Área del pico de IS}}$$

$$\% \text{ masa lactida meso} = \frac{\text{lactida meso (g)}}{\text{Peso de la muestra}} \cdot 100$$

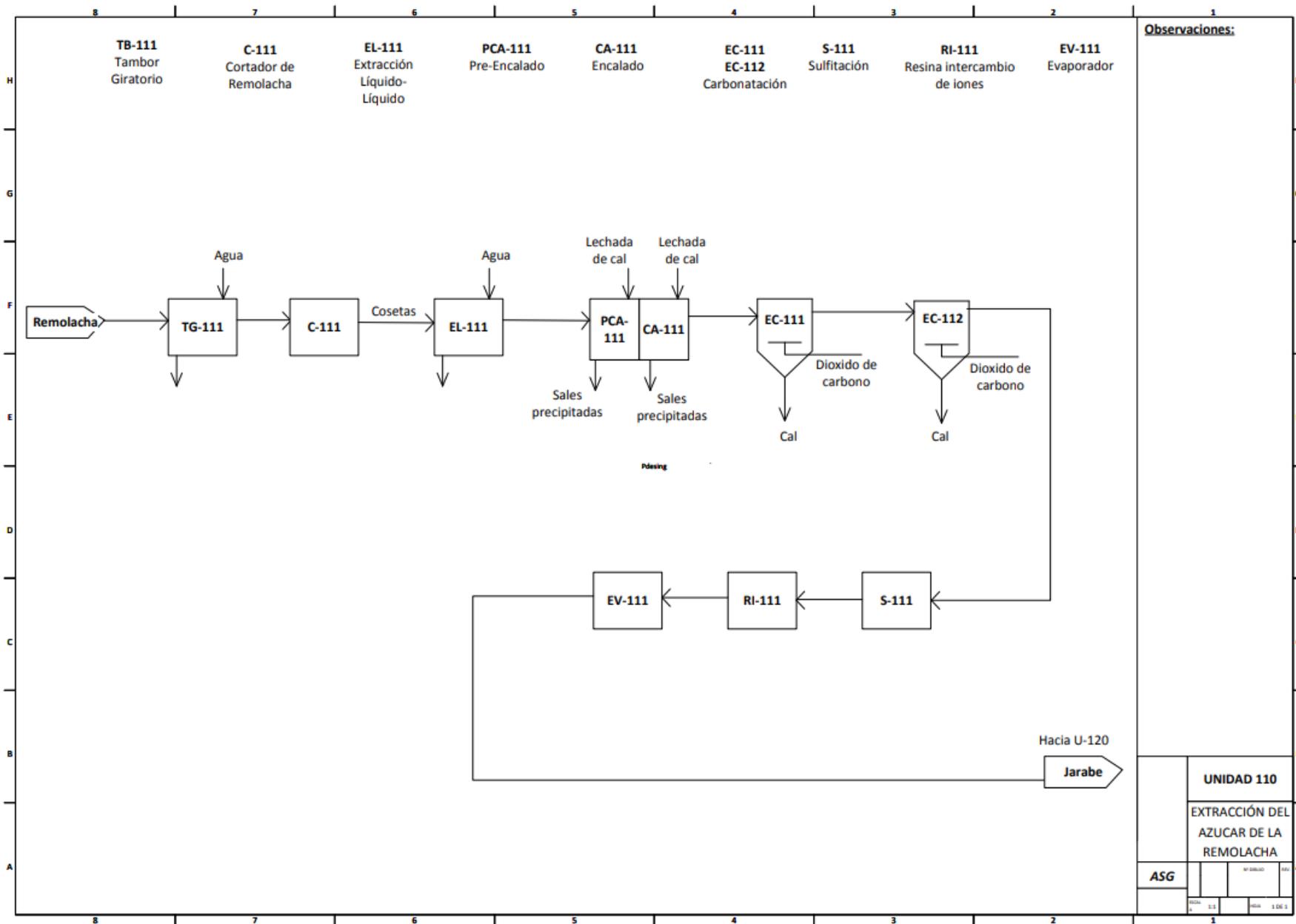
*Ecuación 4 y 5: Cálculo del porcentaje de meso lactida en el PLA*

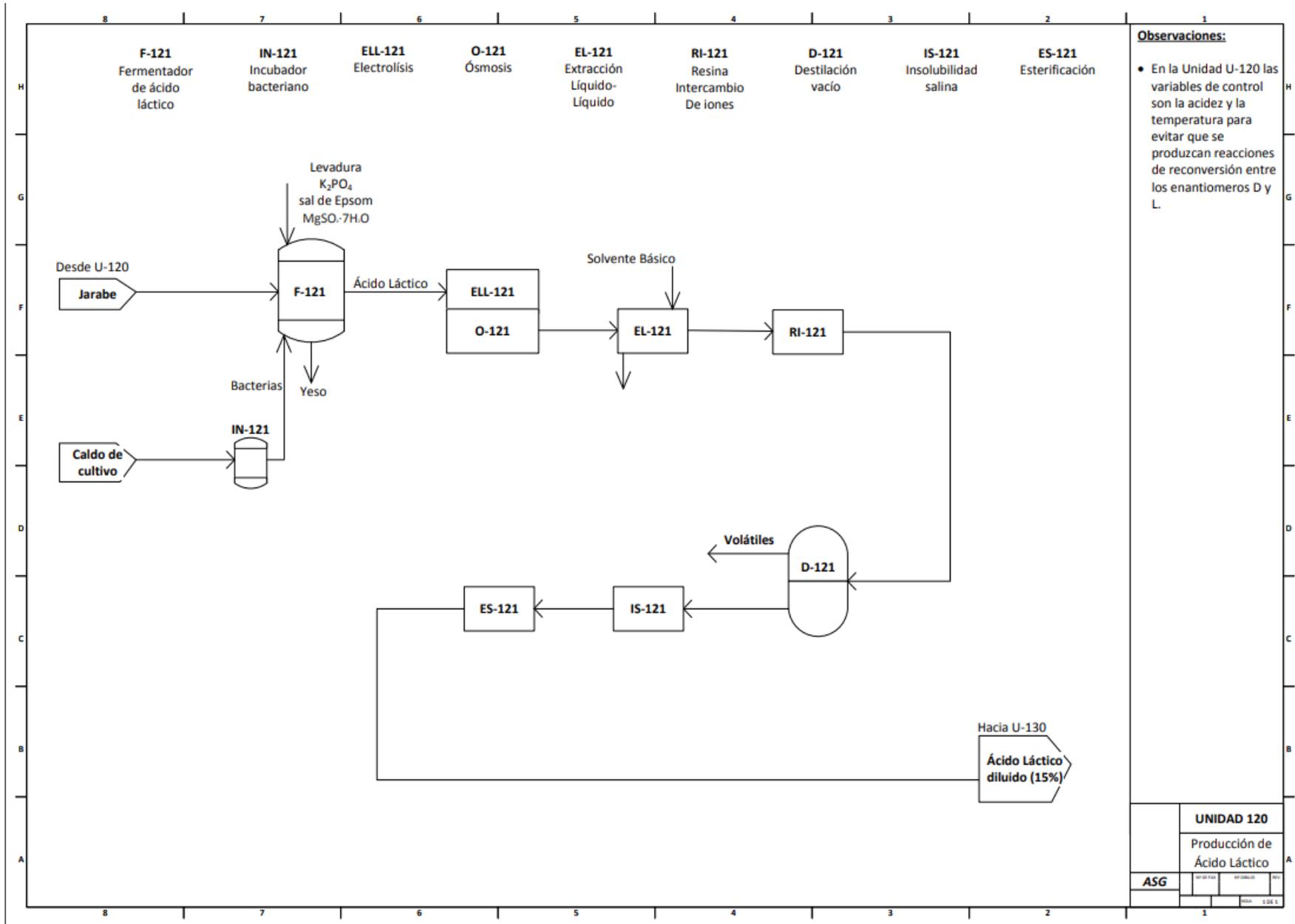
La suma de ambos porcentajes en masa resulta ser la concentración total de Lactida dentro del polímero. **[65]**

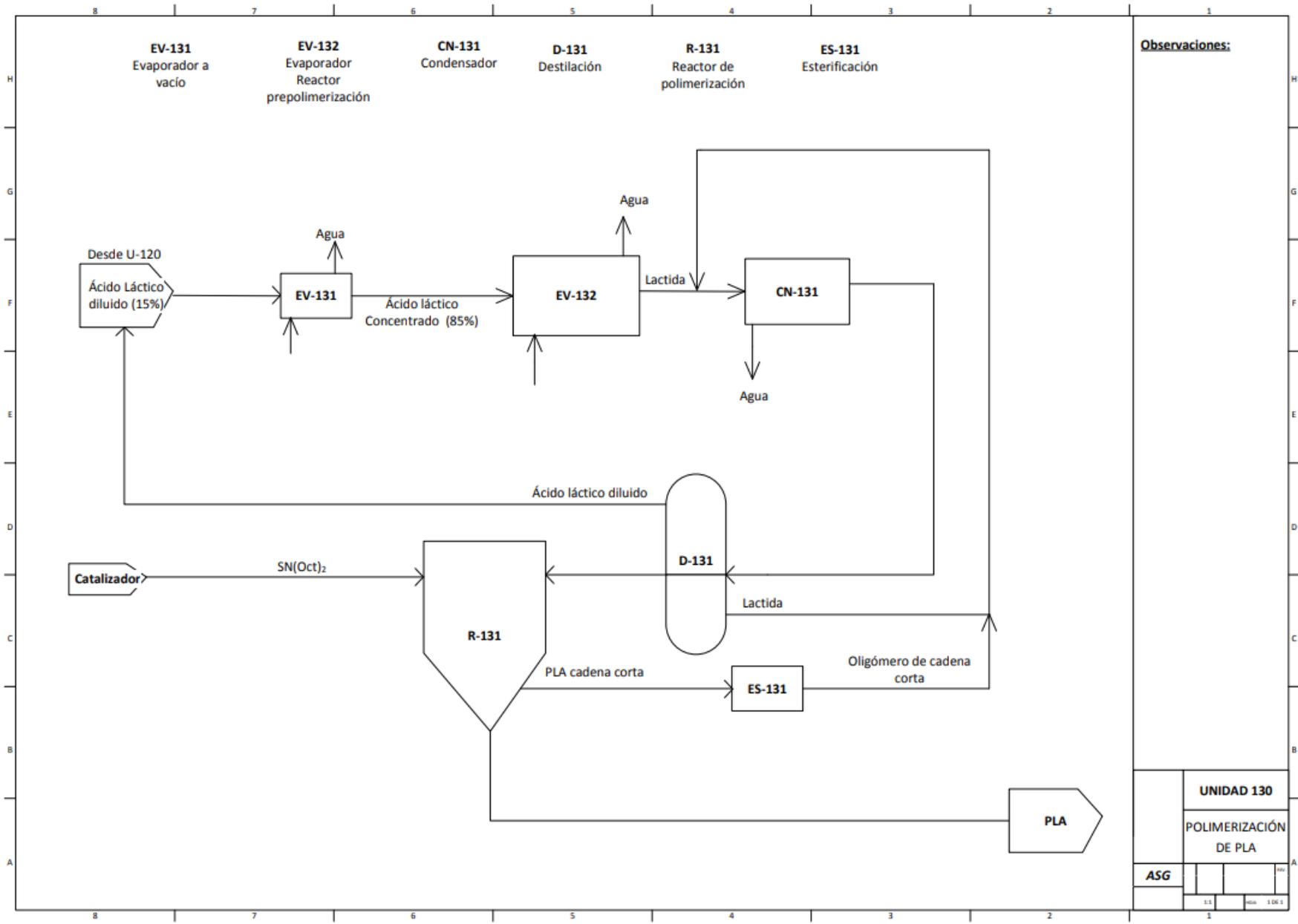
Para el cálculo del isómero óptico D-lactida se utilizará una **cromatografía quiral de gases (CGC)** junto a un **detector de ionización de llama (FID)** cuya desviación relativa es inferior al 1% para el cálculo de D-lactida en el PLA. En primer lugar, la mezcla es hidrolizada con hidróxido de potasio (KOH) disuelto en metanol (CH<sub>3</sub>OH) y acidificada con un ácido fuerte por ejemplo ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) para catalizar la reacción de esterificación. Por último, se añade a la disolución ácida agua y cloruro de metileno (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) para provocar la escisión de la disolución en dos fases, la orgánica (contiene los enantiómeros de lactato de metilo) en el fondo y la inorgánica en la parte superior. La mezcla orgánica es dirigida a una columna Agilent J&W CycloSil-B donde se utiliza β-cyclodextrin para formar complejos de inclusión con distintas constantes de equilibrio

con los enantiómeros del lactato de metilo. Esta nueva solución será la introducida en el CGC. [59]

### 5.3.5 Diagrama de flujo del proceso productivo de PLA







#### 5.4 Presupuesto económico

Se va a elaborar el presupuesto del proyecto para estudiar su viabilidad económica. Para ello, se va a dividir los gastos en dos categorías, en función de su relación con la producción:

- Costes variables: Son los derivados directamente del nivel de producción de la planta. De tal manera, que si la producción de la planta aumenta, los costes variables también lo harán. Por ello, vamos a considerar dentro de esta categoría todas las materias primas y servicios auxiliares que utilicemos.
- Costes fijos: Son aquellos costes que no varían a lo largo de la producción, es decir, permanecen fijos por un determinado periodo de tiempo. Incluiremos en ellos todos los gastos derivados del alquiler, salarios y gastos de amortización lenta como patentes, certificados o licencias.

A continuación se presentan las tablas donde se han realizado los cálculos del presupuesto:

SERVICIOS AUXILIARES	m <sup>3</sup> / Tn remolacha	m <sup>3</sup> / Tn Azucar	m <sup>3</sup> / Tn Ác.Lact	m <sup>3</sup>	Precio (M€/m <sup>3</sup> )	(€)
Agua	1,3	1,3	1,3	189,202	0,03	5676,06
Gas (kW/h)	1,1	2	1,1	184,934	0,05	9246,7
Electricidad (kW/h)	10	12	10	1510,6	0,08	120848
Lechada Cal	2			200	0,38	76000
CO <sub>2</sub>	3			300	0,05	15000
Bacterias		0,8		22,08	0,8	17664
Caldo de cultivo		1		27,6	0,5	13800
Solvente básico		1,2		33,12	0,5	16560
Yeso		1		27,6	1,2	33120
Sn(Oct) <sub>2</sub>			0,000001	0,00001794	0,7	0,012558
					TOTAL (€)	274794,76

Tabla 5: Costes fijos del Presupuesto.

En la tabla de Materia prima dentro de los Costes variables se ha partido de un Balance de Materia al proceso para poder conocer la cantidad de PLA que se obtiene de todo el proceso. Se ha utilizado de una base de cálculo de 100 toneladas de remolacha.

Por otra parte, los servicios auxiliares se han planteado por unidades, referenciadas a la materia prima de cada una de ellas: en la unidad 110 la referencia es la remolacha, en la unidad 120 el azúcar y en la unidad 130 el ácido láctico. De esta manera se estima cuantas toneladas de servicio auxiliar se necesitan por tonelada de materia prima y se suman todas las unidades. En el caso de la electricidad, las unidades correctas y utilizadas son (Kw/h)/(Tn materia prima).

El resultado final de los Costes variables es la diferencia entre los ingresos derivados del PLA y del “yeso” frente a los gastos de la remolacha y los servicios auxiliares.

<b>COSTES FIJOS</b>		<b>897100</b>	
<b>Planta</b>			
CEPCI (2018) M€	603,1	603100	TOTAL (€/año)
Patentes		1200	
Alquiler €/mes	1500	18000	<b>622300</b>
<b>Operarios</b>		Número	Sueldo (€/mes)
Ing. Calidad	1	2100	2100
Ing. Unidad	3	1800	5400
Encargado	3	1300	3900
Operarios	7	1000	7000
Recursos. Human	1	1500	1500
Administración	3	1000	3000
		TOTAL (€/mes)	22900
		TOTAL (€/año)	<b>274800</b>

Tabla 6: Costes fijos del Presupuesto.

El CEPCI significa: *Chemical Engineering Plant Cost Index*, es decir, el Índice de coste de una planta de ingeniería química. Sirve para poder aproximar el costo de una planta referenciándolo al año de construcción a partir del coste específico de otro año. Para calcularlo lo he utilizado la siguiente fórmula:

$$Coste_{Año X} = Coste_{Año Y} * \frac{CEPCI_{Año X}}{CEPCI_{Año Y}}$$

Ecuación 6: Cálculo del CEPCI.

Los costes fijos derivados de los salarios se especifican a través del número de profesionales que trabajan en la planta junto a su correspondiente salario mensual, más tarde se traduce a unidades anuales para que coincida con las unidades temporales del resto de categorías del presupuesto. [66]

Por último, se representan los cálculos de los costes totales, los fijos más los variables y los ingresos que se obtienen tras la venta del PLA y del subproducto “Yeso”. Además, se tiene en cuenta la posible amortización de los costes fijos reinvertiendo los beneficios del mismo mes, de esta manera, resultada una amortización de 7 años. Según lo estudiado en distintas asignaturas de la carrera un proyecto químico es económicamente viable si su amortización no supera los 20 años, por lo tanto, valido el presupuesto acreditándolo que el proyecto es viable económicamente según el planteamiento inicial realizado.

	(Costes fijos+variables)	(Costes variables)
<b>COSTES</b>	906964,31	304294,76
<b>INGRESOS</b>	314159,07	314159,07
<b>BENEFICIO</b>	-592805,24	9864,31
<b>AMORTIZACIÓN COSTES FIJOS (MESES)</b>	90,94	
<b>AÑOS</b>	7,58	

Tabla 7: Total del Costes fijos, variables y la amortización.

## 6. Estado del arte del reciclaje del plástico en la comunidad de Castilla y León:

En este bloque se pretende describir la situación actual del reciclaje del plástico en la comunidad autónoma de Castilla y León. Para ello, se ha procedido a ponerse en contacto con un gran número de empresas del sector dentro de la región. En el Anexo 1 se presenta una tabla con todas las empresas contactadas y la fecha. Desgraciadamente el contacto con la mayoría de ellas fue infructuoso.

La primera entrevista que se presenta a continuación es la realizada a Juan Antonio Alcón Domínguez, copropietario de “Plásticos Riaza S.L.”\* y Vicepresidente de **ANARPLA** (Asociación Nacional de Recicladores de plástico). Juan Antonio nos comenta que lleva en el sector del reciclaje del plástico toda su vida, desde 1977 y dentro de la empresa de su suegro desde su formación, en 2002. En “Plásticos Riaza” se reciclan dos tipos de plástico, plástico Film y Polietileno de alta densidad. En el proceso de Film se utiliza plástico procedente del *packing* de la industria del automovilismo, de la industria agraria, de la industria petroquímica y del comercio en forma de bolsa. Por otra parte, el polietileno de alta densidad utilizado en botellas de refresco que se compra directamente a *Ecoembes* a través de un concurso trimestral o empresas privadas de recogida de residuos. La materia prima se recibe toda en fardos, pasando controles de impurezas.



Ilustración 12: Fardos de polietileno de alta densidad de la empresa Plásticos Raiza.  
\*“Plásticos Riaza S.L.” Polígono de La Dehesa, Parcela N° 1, 40500, Riaza, Segovia.



*Ilustración 13: Fardos de film de la empresa Plásticos Riaza.*

El proceso al que se somete el Polietileno de alta densidad comienza por una clasificación mecánica por colores, debido a que una de las principales condiciones de sus clientes es que el color del producto sea homogéneo. Posteriormente, se introduce en un molino que romperá las botellas en granos de plástico homogéneos. Serán lavados con agua en un lavadero y almacenados en un silo. En función de la demanda del plástico se fundirá en una extrusora. El producto final tiene forma de lenteja con un color y tamaño uniforme, entregado en sacos de distintos pesos. El principal destino de este material será convertirse en futuras tuberías de presión (Presión admisible sin fallo tras 1.000h de trabajo y a 80° C es de 4 MPa) [67], las cuales gracias a las buenas propiedades físicas y químicas del material, son una buena alternativa a las antiguas tuberías metálicas.

Por otra parte, el proceso de reciclaje del Film comienza con una limpieza en un *Tromel*, que separará por cribado los materiales adheridos a los plásticos, de esta manera, se trabajará con plásticos sueltos para facilitar la posterior clasificación visual por colores o terminar a eliminar materiales que no convengan. De la misma forma que con el polietileno, la molienda disminuye y homogeniza el tamaño de las bolsas de plástico. A continuación, serán almacenados en silos, lavados y extruidos en una fundidora en cadena.



*Ilustración 14: Producto terminado de la empresa Plásticos Riaza.*

Los clientes de esta recicladora demandan este producto para la fabricación de nuevas bolsas de plástico o tuberías de riego por goteo.

Tras observar el proceso productivo de la planta tuvimos la oportunidad de hacerle algunas preguntas, el resumen se presenta a continuación:

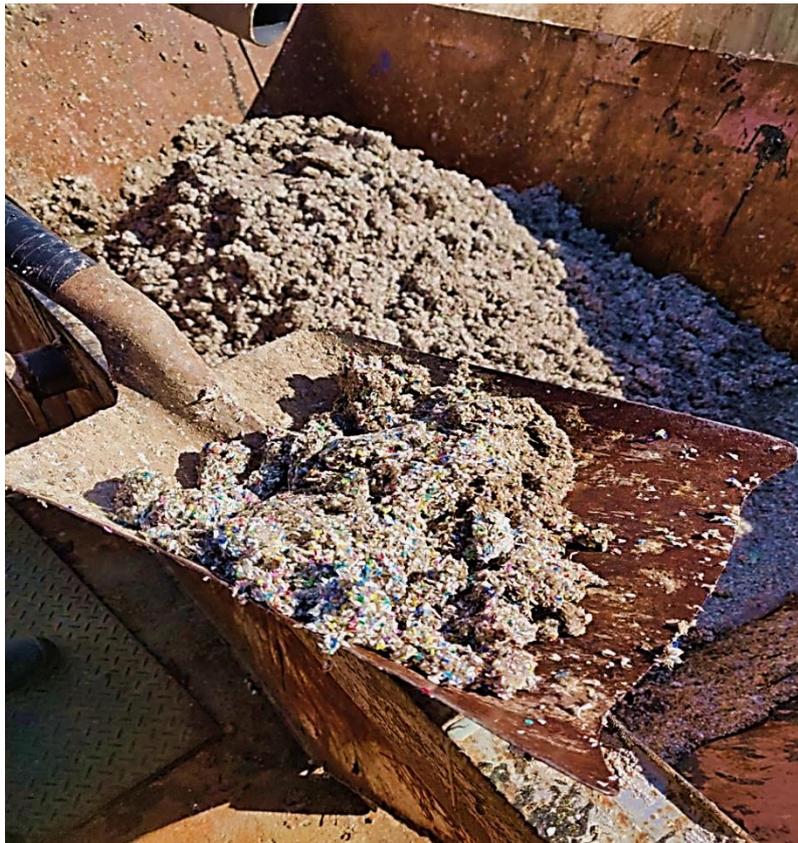
La situación del reciclaje en la comunidad autónoma y en términos generales, a nivel nacional, es que se encuentra en un momento de transición y como tal, convulso. Principalmente por dos aspectos: El primero es el precio de la materia prima, cara debido a los costes de diferenciación ante la falta de separación selectiva de los residuos por parte de la población. También, encarecía la materia prima (basura) su venta a países asiáticos dispuestos a pagar menos por ella, ya que allí no están sometidos a controles medioambientales tan estrictos de vertidos ni emisiones. En segundo lugar, la gran cantidad de material que se recicla hoy en día no encuentra salida en el mercado porque el consumo de plástico reciclado es siempre el mismo. Esto obliga a disminuir los precios en busca de mayor demanda. Reduciendo los precios de venta y pagando cada vez más por la materia prima asegura el empresario que es muy poco rentable, que si a día de hoy tuviera que arriesgar a invertir tanto, probablemente la empresa no podría mantenerse. Juan Antonio nos informa de que

espera ansioso alguna ayuda de la administración en materia de legislación que obligue a incorporar un porcentaje de plástico reciclado en cada objeto de plástico nuevo, ya que económicamente no recibe ninguna ayuda. Cuando le preguntamos sobre su opinión sobre el bioplástico nos comenta que desde su punto de vista no es necesario proponer esta alternativa, que es más caro al medio ambiente producirlo que los beneficios que aporta. Evidentemente, él apuesta por el reciclaje: “El plástico satisface nuestras necesidades, solo hay que saber cómo tratarlo, medios y capacidad para reciclarlo, hay”.

Aprovechando que nos encontramos por la zona de Segovia, visitamos la *Estación de depuración de aguas residuales* (EDAR) de Riaza. Descubrimos que allí el plástico también crea problemas, puesto que alguna empresa realiza vertidos incontrolados con una alta concentración de virutas de plástico. El tratamiento de estas aguas, comienza con una operación de decantación del agua bruta procedente del pueblo, en los lodos de esta operación se puede distinguir perfectamente algunas virutas de colores del plástico. A continuación se encuentra un tamiz para separar partículas de menor diámetro y después una operación de desarenado y desengrasado. La operación que prosigue el tratamiento de aguas ha tenido que ser instalada únicamente para tratar las virutas de plástico de las que venimos hablando, se trata de un Tamices Rotativos marca Defender®.



*Ilustración 15: Tamices Rotativos marca Defender®*



*Ilustración 16: Lodo a la salida del Tamiz rotativo*

No acaba aquí el mayor problema que causan los plásticos puesto que ocasionan una grave erosión en el rotor y el estator de la bomba que hay a continuación, obligando a tener que cambiarlo con poca frecuencia.



*Ilustración 17: Rotor de la bomba erosionado a causa del plástico.*

En la estación, también tienen problemas en el tanque de aireación puesto que se forman altas espumas, procedentes de algún producto de limpieza de industrial. Tras el tratamiento biológico completo, la decantación y la deshidratación, el lodo prácticamente seco es vendido a empresas que los utilizan como abono gracias a su alto contenido en materia orgánica y nutrientes (fósforo, nitrógeno, calcio, potasio...). Evidentemente, el precio del lodo variará en función de su composición, como últimamente la cantidad de plásticos es tal que llegan a aparecer en los lodos deshidratados, su precio desciende sensiblemente.

En tercer lugar, se entrevistó a Jesús Rueda, técnico del Departamento de obras de la empresa Pública *SomaCyL*. Su labor es el diseño y construcción de vertederos y depuradoras para la empresa anteriormente citada, su labor no está directamente ligada con el reciclaje de plástico pero su opinión la consideramos importante por tener una larga experiencia (6 años) en materia de desechos. A continuación, se presenta la entrevista íntegra:

**1.- ¿Cuál es la situación de los residuos en la comunidad de Castilla y León? ¿y el plástico, concretamente?**

*En lo que a datos se refiere, los pueden consultar en el BOCYL de 20/09/16, donde se recoge el Plan Integral de Residuos de Castilla y León.*

**2.- Con la experiencia que tiene usted dentro del sector, ¿Cree que se alcanzarán los objetivos europeos en materia de reciclaje (55% de reciclaje de residuos municipales antes del 2025)? ¿En su opinión, qué medidas se deberían de llevar a cabo para alcanzarlo?**

*Lo veo bastante ambicioso y difícil de cumplir en el caso de Castilla y León. A este respecto creo que es importante incidir en la concienciación de los ciudadanos tanto desde el punto de vista social como desde el punto de vista económico. Con esto me refiero a que en primer lugar hay que ser todos conscientes de la importancia social y medioambiental de los residuos, pero por otro lado también hay que tener en cuenta que esa concienciación debe llevar aparejado un coste económico que hay que asumir.*

*A este respecto, la mayor parte de la gente desconoce cuánto es lo que paga al año por la recogida y tratamiento de sus residuos municipales. Y además, siempre que hay subida de las tasas del servicio, se producen movilizaciones ciudadanas en contra.*

*La recogida de basuras es diaria en las capitales de provincia y como mucho semanal en las zonas rurales. Esto quiere decir que una empresa viene a recoger todos tus residuos durante un montón de días al año. Y luego falta tratarlos y reciclar lo que se*

*pueda. Todo ello al módico precio de, ¿40 euros al año? ¿50? Comparar ese coste con lo que por ejemplo nos gastamos en tener INTERNET o nuevas tecnologías es ridículo. Que quiero decir: que el tratamiento de los residuos parte de nuestra concienciación social y de asumir que tiene un coste que tenemos que pagar los ciudadanos*

### **3.- ¿En qué etapas de la gestión de residuos se pierde más eficiencia?**

*Lo desconozco. Por nuestra parte, en la gestión de los rechazos, lo más importante es la ubicación de los DCR (Depósito controlado de residuos). Es importante que los DCR estén cerca de los centros productores de residuos, al objeto de evitar sobrecostes en el transporte de los residuos. Este exceso de transporte supone menos eficiencia económica y mayor contaminación atmosférica, debido a las emisiones de los propios vehículos que transportan los rechazos.*

*Con esos costes económicos y medioambientales del transporte de los rechazos, cobra mayor importancia aún el reciclaje, ya que cuanto menos residuos se generen, y más parte de estos se recicle, menos rechazo llegará al vertedero-DCR y por lo tanto menos costes se generarán.*

### **4.- ¿Podría evaluar la gestión de residuos en Castilla y León? ¿Cuáles son sus puntos fuertes y sus puntos débiles?**

*Como te he comentado, nosotros nos dedicamos a la gestión de los DCR. Actualmente estos DCR son uniprovinciales.*

*En lo que a DCR se refiere, lo que más dificulta la gestión en Castilla y León es la dispersión geográfica. Esto ha obligado a que haya nueve DCR, uno en cada provincia, lo que dificulta notablemente ser eficiente en la gestión.*

### **5.- ¿Qué apoyos reciben en su trabajo desde las instituciones públicas? ¿Quién toma la iniciativa: la Junta de Castilla y León, el Gobierno de España, Europa?**

*Nosotros somos una empresa pública de la Junta de Castilla y León.*

*En lo que a la iniciativa se refiere, desde Europa se marcan las directrices, que luego se van transponiendo y aplicando en España, y luego en desarrollando en cada comunidad autónoma.*

## **6.- ¿Qué opina sobre la venta de basura a los países orientales?**

*Sólo conozco lo que he leído en la prensa. Parece ser que China va a dejar de comprar plásticos, pero el resto de los países del sureste asiático van a seguir comprando. Es una forma curiosa de ocultar un problema: venderle el residuo a otro y que se busque la vida.*

Por último, esta entrevista está protagonizada por Ana Isabel Álvarez, que lleva más de 17 años encargándose de la gestión administrativa del Vertedero de Abajas de Burebo, Burgos.

En la conversación telefónica que mantuvimos, Ana nos contó el ciclo de los residuos: Los residuos municipales son llevados a una Planta de compostaje y los residuos industriales son tratados por Gestores de residuos, generalmente. En estos lugares los residuos son clasificados por su material (metales, plásticos, materia orgánica... etc.), mayoritariamente de forma manual y enviados a empresas especializadas en su reutilización. Las fracciones que no pueden ser reutilizadas son aquellas que se envían al vertedero, llamadas "Rechazo". El criterio de admisión en el vertedero es muy estricto, los residuos no deben de tener ningún tipo de alternativa viable, ni económica ni técnica. Una vez allí y tras superar los trámites administrativos, el "Rechazo" es colocado sobre el terreno que está debidamente aislado, es triturado y compactado por una compactadora pata de cabra y finalmente cubierto con tierra arcillosa.

Preguntando la su opinión sobre quién contamina más, si las empresas o los ciudadanos, Ana nos confiesa que desde que ella está en su puesto de trabajo, ha comprobado cómo las empresas han hecho un gran esfuerzo por gestionar mejor sus

residuos, bien creando departamentos o puestos de trabajo que se encarguen de ello. Todo ello debido a que “los residuos controlan a las empresas a través de las autorizaciones ambientales”. En cambio, opina que en los hogares no hay ningún mecanismo de control de residuos y por lo tanto, la gestión es aleatoria y desastrosa. Que el impuesto de basuras debería ser mayor, para poder desahogar las plantas de compostaje y de esta manera obligar a cada ciudadano a hacer de una forma más eficiente la gestión de sus residuos.

Por último, nos hace destacar que su principal problema con los plásticos son los días ventosos, puesto que los plásticos del vertedero salen volando y ensucian todo los terrenos colindantes. Cómo un vertedero tiene la obligación de mantener sus perímetros limpios, es la labor de Ana contratar un escuadrón de limpieza que limpien los alrededores del vertedero para cumplir con la legislación.

## 7. Conclusiones:

De acuerdo con los objetivos con los que arrancamos el proyecto, hemos concluido:

- A lo largo del último año, la situación del reciclaje a nivel europeo está desarrollando importantes cambios. Con nuevos objetivos más estrictos de reciclaje y amplias listas de productos de plástico de un solo uso que se van a dejar de comercializar. Europa acepta la gravedad del problema medioambiental al que se enfrenta: el plástico no es el problema, sino su gestión cómo residuo.

Medidas que apuestan por el medio ambiente y por la independencia respecto al resto de países exportadores de materia prima a través de una economía más circular, en el que la reutilización y el reciclaje por materiales son el camino y el objetivo de una economía que no puede apartar la vista de las repercusiones de sus actos.

Para ello, se transcriben tales directivas a nivel nacional y posteriormente al regional en el que a través de medidas mucho más concretas y tardías se pretende alcanzar estos objetivos medioambientales.

- Tras haber analizado las diversas fuentes de bioplástico viables en la comunidad de Castilla y León, se elige a la remolacha como punto de partida, por tratarse de ser uno de los cultivos más propicios en la región de Castilla y León por su buena adaptación a la geografía y clima, aportando buenas eficiencias agrícolas. Por otra parte, el proceso productivo del PLA es técnicamente viable en la región porque no necesita de ninguna tecnología que no esté presente en la zona. Además, comercialmente también es viable ya que no hay ninguna planta de sus características en la comunidad.
- Tras analizar la situación del sector del reciclaje del plástico en la comunidad de Castilla y León, podemos concluir que el plástico no es en sí mismo el problema. La reflexión que guardan en común todas las entrevistas es que la población desconoce o no realiza adecuadamente una buena separación por materiales de sus residuos. Esto provoca un encarecimiento de los materiales reciclados por su dificultad de separarlos y por la disminución de la oferta de plástico reciclable al haber estado vendiendo Europa parte a países asiáticos. Por ello, a pesar del gran número de empresas que hay en la comunidad dentro del sector del reciclaje de plástico, la comunidad no alcanza los objetivos mínimos de reciclaje, ni tampoco se genera una demanda que permita dar salida a todo el plástico reciclado que las empresas del sector producen.

Derivado de última conclusión se añade en esta parte final un nuevo objetivo al trabajo: Realizar un video didáctico en el que se plasme las buenas prácticas a la hora de gestionar los residuos municipales. El fin de este vídeo es distribuirlo a gran escala para que sirva de apoyo a las labores de concienciación y educación en búsqueda de una sociedad más sostenible y menos contaminante.

## 8. Vídeo didáctico:

A continuación, se presenta el guión del video que se proyectará durante la Defensa del Trabajo Fin de Grado:

En los pequeños gestos del día a día, cuando levantamos la tapa del contenedor de basura, es fácil comprobar que los españoles no sabemos reciclar: palos de escoba en el contenedor orgánico, bolsas de plástico en el contenedor azul, vasos y tapas de tarros en el contenedor verde... (fotos que lo demuestren)

Una mala gestión de los residuos (= colocación de la basura separada en sus respectivos contenedores) (Representarlo con todos los posibles contenedores y colocar mal los residuos) desfavorece al medio ambiente al reducir la eficacia del proceso de separación selectiva de materiales (= poner todos los materiales juntos) al que se someten nuestros residuos cuando el camión de la basura se los lleva, además, supone una pérdida de recursos al no poderse reutilizar y con ello pérdida de capacidad económica. Si no lo sabíais, nos cuesta mucho dinero tirar la basura al contenedor equivocado. (Poner de nuevo los materiales en el cubo equivocado y dejar caer símbolos de euro uno tras otro) Pensadlo de esta manera, si introducimos en nuestra rutina el separar los residuos por materiales (colocar solo comida en una bolsa y meterla en el contenedor de orgánico), mejoraremos la eficiencia de las plantas de compostaje (Donde se gestiona la basura, separándola por materiales para tratar de darles un nuevo uso), evitaremos que tantos recursos se pierda en los vertederos (Imagen de los euros sobre el vertedero) y que no aumenten los impuestos a las basuras. Por si no lo sabemos, Europa ha publicado en el 2018 una Directiva que exige a cada país miembro un reciclaje de mínimo el 55% antes del 2025, y también está reduciendo el uso de productos de plástico de un solo uso que tanto contaminan nuestras costas. Si no lo hacemos cada uno de nosotros, tendrán que hacerlo después, a base de más medios, más dinero, más impuestos.

-Sí, el mensaje es claro. Si no lo hacemos por sentido común, por nuestro planeta. Lo terminaremos haciendo porque resulta demasiado caro no hacerlo.

Si preguntamos a todo el mundo, estoy seguro que estaríamos de acuerdo en que la solución no pasa por tanto impuesto sino por más educación. Pues bien, para eso es este vídeo; para que aprendamos qué debe ir en cada contenedor!!

Para empezar haremos una aclaración: Es cierto que cada municipio utiliza contenedores de distintos formatos, color, forma, o concepto. Pero en el fondo, la idea es la misma. Hay que echar en cada uno sólo lo que le corresponde, y ya está, así de fácil. Después de este vídeo no

espero que hagáis un análisis exhaustivo de que hay en la bolsa de basura que vais a tirar al contenedor, pero sí que hagamos una separación de los residuos en función de su contenedor.

#### CONTENEDOR VERDE:

El vidrio es 100% reciclable y no pierde ninguna propiedad, con su reciclaje ahorramos un 30% en energía.

Sí pueden entrar: Vidrio como las botellas de vino, botellines como los de cerveza y tarros de conserva (**IMPORTANTE: Sin tapa ni corcho! Nos interesa el material, vidrio, no el objeto completo**)

NO pueden entrar: Cristales como los de los vasos o copas, cerámica, Ventanas o bombillas y fluorescentes. Van al punto limpio o al contenedor Naranja

- **CONTENEDOR AZUL:**

Puede entrar: Papel, cartón, cuadernos o libros, propaganda.

(**IMPORTANTE: El objetivo de esta selección es poder volver a hacer papel con lo que introducimos, si introducimos otro material, estropeará el reciclaje**)

Por lo que tenemos que evitar que esté recubierto de plástico, que lleve adhesivos, grapas, cuerdas o esté sucio. Todo esto irá al contenedor Naranja (Resto).

No puede entrar: Sobres, papel plastificado o cajas de pizza.

Para hacer 1 tonelada de papel, el equivalente a 7.000 periódicos, se necesitan 17 árboles, 200 toneladas de agua y 7.000 Kw de energía. Si lo hacemos a partir de papel que reciclamos, ahorraremos los 17 árboles un 50% de estos recursos y evitaremos la generación de nuevos residuos.

- **CONTENEDOR AMARILLO:**

Si tienes la suerte de vivir en un municipio en el que hay estos contenedores debes introducir únicamente plástico, metal y productos de madera pequeños.

Hay distintos tipos de plástico, pero de su separación ya se encargaran empresas especializadas. El plástico está por todas partes: en botellas de refresco, en bandejas de alimentos y el film que lo envuelve, cubertería desechable, tapones, botes de productos de limpieza...

Nos referimos a metal cuando hablamos de latas de refrescos, papel de aluminio, palo de escoba, las cápsulas del café o *brick* de leche o zumo porque también tienen una capa de aluminio.

A productos de madera pequeño nos referimos con cajas de fresas, de vino o de puros.

Si eres de los desafortunados como yo, que en nuestro municipio no hay contenedores amarillos, todo esto que he mencionado deberá ir al contenedor de tapa NARANJA: FRACCIÓN INORGÁNICA.

- **CONTENEDOR MARRÓN o GRIS: FRACCIÓN ORGÁNICA (Según les dé)**

En este contenedor las bolsas de basura deben de ser pequeñas, puesto que únicamente debe entrar restos de comida. Sí, únicamente comida.

Lo que no puede entrar son: restos de poda (contenedor naranja) o aceite de cocina (hay contenedores específicos para ello (todos naranjas) o al punto limpio) bien sea de cocinar o el que envasa a las conservas como el atún. Recordamos que por favor, JAMÁS, tirarlo por el desagüe.

- **CONTENEDOR NARANJA: FRACCIÓN RESTO**

En este contenedor debe ir todo lo que no hemos mencionado anteriormente, o que no sepamos cuál es el contenedor adecuado.

Hagamos un resumen de lo que puede entrar;

Calzado, DVD, Vidrio (copas, espejos), Papel y cartón manchado o plastificado, como servilletas sucias, la caja de la Pizza o sobres.

Todo lo que debería entrar en el contenedor amarillo: botellas de refresco, en bandejas de alimentos y el film que lo envuelve, cubertería desechable, tapones, botes de productos de limpieza... y metal en latas de refrescos, papel de aluminio, las cápsulas del café o *brick* de leche o zumo.

- **PUNTO LIMPIO**

Deberán ir residuos que no se generan habitualmente o que sean peligrosos:

Aceite de motor o de cocina, Pinturas y disolventes, Aparatos eléctricos, Fluorescentes y bombillas, Aerosoles, Medicinas, Pilas y baterías, Radiografías, Escombros de obra, Muebles Viejos.

Todos ellos, si son introducidos en algún contenedor se correrá el riesgo de un impacto ambiental grave. Sé que nunca hay un buen momento para acercarte al punto limpio más cercano, por eso muchos ayuntamientos facilitan la recogida de estos residuos por rutas municipales en camiones. **[68]**

## Material utilizado:

Nikon D5100

Trípode

Imágenes recortadas para la animación del vídeo:

Símbolo del euro, varios. 5

Flecha de color verde y roja. Aspa rojas (Grandes)

Palabra IMPUESTOS, RECICLAJE

55%

Símbolo de la Unión Europea

Camión de basura

Bolsa de basura negra con nudo.

Planeta Tierra con cara de contento, Planeta tierra con cara de enfermo

Desagüe

Contenedor verde:

botellas de vino, botellines de cerveza y tarros de conserva con tapa y sin tapa

Copa, vaso de agua, cerámica, Ventanas, Bombilla, fluorescente.

Contenedor azul:

Caja cartón, periódicos, Embalaje pizza, servilleta sucia, sobre.

Contenedor amarillo:

Botella refresco, bandeja de comida, cubiertos plástico, tapones, bote de lejía.

Lata refresco, *brick*, papel de aluminio, cápsula de café.

Caja de fresas, caja de vino.

Contenedor naranja (Que ponga: Fracción inorgánica)

Zapatos, DVD

Contenedor naranja de Aceite.

Botella de aceite.

Contenedor gris (Que ponga: Fracción orgánica)

Comida (pan, naranja, pesado, filete, puerro)

Punto limpio

Aceite de motor o de cocina, Pinturas, Frigorífico, Tostador, TV, Fluorescentes y bombillas, Aerosoles, Medicinas, Pilas y baterías, Radiografías, Escombros de obra, Muebles Viejos.

Vertedero

Para poder ver el vídeo, utilice el siguiente código QR:



## 9. Software.

El software utilizado para la realización de este trabajo ha sido:

- Microsoft Office Professional 2016 (Word y Excel)
- Microsoft Visio Professional 2016
- Google Chrome
- Final Cut Pro X. Versión 10.3.4. 2017

## 10. Líneas futuras.

El trabajo realizado durante estos meses podría tener diversas líneas futuras, las principales son:

1.: Realizar un proceso productivo de PLA a partir de otra materia prima o por el mecanismo de polimerización por policondensación. Esto serviría para poder comparar distintos procesos en búsqueda del más óptimo para la región.

2.: Analizar procesos productivos de otros bioplásticos a partir de otras materias primas que también disponibles en Castilla y León. Puede servir para ampliar las opciones de este biomaterial en la comunidad.

3.: Continuar con la línea de sensibilización y concienciación de una correcta gestión de los residuos urbanos a través de actividades o elementos informativos.

## 11. Bibliografía y webgrafía.

[1] “Tú eres parte de la solución, no culpes al plástico”, AIMPLAS. Última revisión: Mayo, 2019.

<https://www.aimplas.es/wp-content/.../02/INFOGRAFIA-NO-CULPES-LOGOS.pdf>

[2] Residuos plásticos: una estrategia europea para proteger el planeta, defender a los ciudadanos y capacitar a las industrias. Última revisión: Mayo, 2019  
[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-5\\_es.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-5_es.htm)

[3] Origen del Plástico. Última revisión: Mayo, 2019.

<https://www.polimertecnic.com/origen-del-plastico/>

[4] Datos sobre la producción de plástico. Última revisión: Mayo, 2019.

<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>

[5] Reciclaje y residuos de plástico en la UE: hechos y cifras. Última revisión: Mayo, 2019.

<http://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181212STO21610/reciclaje-y-residuos-de-plastico-en-la-ue-hechos-y-cifras>

[6] ¿CÓMO LLEGA EL PLÁSTICO A LOS OCÉANOS Y QUÉ SUCEDE ENTONCES? Última revisión: Mayo, 2019.

<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/>

[7] El Consejo y el Parlamento Europeo alcanzan un acuerdo provisional sobre las nuevas normas de la UE en materia de residuos. Última visita: Mayo, 2019.

<https://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2017/12/18/council-and-parliament-reach-provisional-agreement-on-new-eu-waste-rules/>

[8] Nuevas normas en la gestión y reciclado de residuos en la UE. Última visita: Mayo, 2019.

<https://www.cienciasambientales.com/es/legislacion-ambiental/nuevas-normas-gestion-reciclado-residuos-ue-16308>

[9] Directiva (UE) 2018/0172 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 28 de Mayo del 2018, relativa a la reducción del impacto ambiental de determinados productos de plástico. 2018/0172.

[10] “Plásticos de un solo uso: nuevas normas de la UE para reducir la basura marina”, Comisión Europea- Comunicado de prensa. Bruselas, 28 de Mayo 2018.

[11] Directiva (UE) 2015/720 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2015, por la que se modifica la Directiva 94/62/CE en lo que se refiere a la reducción del consumo de bolsas de plástico ligeras.

[12] Reglamento (CE) n° 282/2008 de la Comisión, de 27 de marzo de 2008, sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos. DOUE-L-2008-80547

[13] Bioplastics: A better plastic for a better environment. Última revisión: Mayo, 2019.  
[https://ec.europa.eu/regional\\_policy/es/projects/italy/bioplastics-a-better-plastic-for-a-better-environment](https://ec.europa.eu/regional_policy/es/projects/italy/bioplastics-a-better-plastic-for-a-better-environment)

[14] Real Decreto 6/2018, del Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales, de 12 de Enero, por el que se crea la Comisión Interministerial para la incorporación de criterios ecológicos en la contratación pública.

[15] Real Decreto 293/2018, del Ministerio Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, de 18 de mayo, sobre reducción del consumo de bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores.

[16] Reglamento (CE) n° 282/2008 de la Comisión Europea, de 27 de marzo de 2008, sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 2023/2006.

[17] Ley 22/2011, de la Jefatura del Estado, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

[18] Plan integral de residuos de Castilla y León. Última revisión: Mayo, 2019

[http://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1284312829695//](http://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1284312829695///)

[19] REAL DECRETO 293/2018, de, Consejería de Fomento y Medioambiente, de 1 de Julio de 2018, sobre reducción del consumo de bolsas de plástico y por el que se crea el Registro de Productores.

[20] ¿Cuánto tarda en descomponerse la basura que tiramos al mar? Última visita: Mayo, 2019.

<https://www.europapress.es/sociedad/medio-ambiente-00647/noticia-dia-mundial-oceanos-cuanto-tarda-descomponerse-basura-tiramos-mar-20170608095847.html>

[21] Raimond, BS., Charles, E., Carracher Jr., (2002) Introducción a la química de los polímeros, Editorial REVERTÉ.

[22] Rodríguez, A., Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. Ciencia y Tecnología para los alimentos. ISSN 0864-4497, pp 69-72

[23] Bello, D., Otero, M., Ortega, G., Carrera, E., (2009), Estado del arte en la producción microbiológica de Polihidroxialcanoatos. ISSN 0138-6204.pp 4 y 7.

[24]López Álvarez, JV., Bioplástico: efectos e impactos sobre la gestión de envases. Universidad politécnica de Madrid-Cátedra Ecoembes, Madrid.

[25] Alonso, MS., y cols. (2018) Variación en el peso del polietileno con aditivo oxo-degradable por acción simultánea de calor y radiación ultravioleta. X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería.

[26] Muñoz, R., y cols. (2016) Aspectos NANO de los desechos de plástico. Universidad Francisco Gavidia, El Salvador.

[27] Geografía física de Castilla y León. Última revisión: Mayo, 2019  
[http://enciclopedia.us.es/index.php/Geograf%C3%ADa\\_f%C3%ADsica\\_de\\_Castilla\\_y\\_Le%C3%B3n](http://enciclopedia.us.es/index.php/Geograf%C3%ADa_f%C3%ADsica_de_Castilla_y_Le%C3%B3n)

[28] GEOGRAFÍA Y CLIMA DE LA REGIÓN DE CASTILLA Y LEÓN, Junta de Castilla y León. Última revisión: Mayo, 2019  
<http://redhispanistas.es/es/aprende-espanol-en-castilla-y-leon/conoce-castilla-y-leon/7-geografia-y-clima-de-castilla-y-leon>

[29] Girasol, Características botánicas (2001), Acor. Última revisión: Mayo, 2019  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Girasol/2-AG-1.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Girasol/2-AG-1.pdf)

[30] Girasol, Exigencias del cultivo (2003), Acor. Última revisión: Mayo, 2019  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Girasol/2-AG-3.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Girasol/2-AG-3.pdf)

[31] El girasol en Castilla y León se queda sin cubrir casi los costes por las masivas importaciones de Ucrania. Última revisión: Mayo, 2019.

<http://www.agroinformacion.com/el-girasol-en-castilla-y-leon-se-queda-sin-cubrir-casi-los-costes-por-las-masivas-importaciones-de-ucrania/>

[32] El girasol en España, una fuerte apuesta de las casas de semillas. Última revisión: Mayo, 2019.

<https://www.agronewscastillayleon.com/el-girasol-en-espana-una-fuerte-apuesta-de-las-casas-de-semillas>

[33] Patata, Características botánicas (2001), Acor. Última revisión: Mayo, 2019

[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Patata/2-AP-1.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Patata/2-AP-1.pdf)

[34] El cultivo de la patata. Última revisión: Mayo, 2019.

<http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm>

[35] Alfalfa, Características botánicas (2001), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.

[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Alfalfa/2-AA-1.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Alfalfa/2-AA-1.pdf)

[36] "Alfalfa: un cultivo presente con mucho futuro." Última visita: Mayo, 2019. Última revisión: Mayo, 2019.

<https://www.agronewscastillayleon.com/alfalfa-un-cultivo-de-presente-y-con-mucho-futuro-agropal>

[37] Las exportaciones de alfalfa deshidratada aumenta un 2,4% en el primer semestre del 2018. Última revisión: Mayo, 2019.

<http://aefa-d.com/las-exportaciones-de-alfalfa-deshidratada-aumentan-un-24-en-el-primer-semestre-de-2018/>

[38] Colza, Características botánicas (2001), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Colza/2-AC-1.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Colza/2-AC-1.pdf)

[39] La Colza, el cultivo de moda en Castilla y León. Última revisión: Mayo, 2019.  
<https://www.agronewscastillayleon.com/la-colza-el-cultivo-de-moda-en-castilla-y-leon>

[40] Cardo, Características botánicas (2001), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Energeticos-2/2-ECD-1.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Energeticos-2/2-ECD-1.pdf)

[41] Comienza el 'aporcado' del cardo rojo. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.diariodevalladolid.es/noticias/mundo-agrario/comienza-aporcado-cardo-rojo\\_71441.html](http://www.diariodevalladolid.es/noticias/mundo-agrario/comienza-aporcado-cardo-rojo_71441.html)

[42] Guisante, Características botánicas (2001), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Energeticos-3/2-AGP-1.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Energeticos-3/2-AGP-1.pdf)

[43] Guisante, Exigencias del cultivo (2003), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Energeticos-3/2-AGP-3.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-I/Energeticos-3/2-AGP-3.pdf)

[44] Guisante 'autóctono' en el Cerrato. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.diariodevalladolid.es/noticias/mundo-agrario/guisante-autoctono-cerrato\\_59451.htm](http://www.diariodevalladolid.es/noticias/mundo-agrario/guisante-autoctono-cerrato_59451.htm)

[45] El maíz se confirma como cultivo ideal para nuestros regadíos" AGROPAL. Última revisión: Mayo, 2019.  
<https://www.agronewscastillayleon.com/el-maiz-se-confirma-como-cultivo-ideal-para-nuestros-regadios-agropal>

[46] Maíz, Exigencias del cultivo (2005), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-II/maiz/3-CV-1-Ficha\\_MAIZ.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-II/maiz/3-CV-1-Ficha_MAIZ.pdf)

[47] Cosechado ya el 95% de maíz de León. Última revisión: Mayo, 2019.  
<https://www.campocyl.es/category/maiz/cosechado-ya-el-95-del-maiz-de-leon/>

[48] Cereales de invierno: Trigo, Características botánicas (2001), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-II/3-CI-1.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-II/3-CI-1.pdf)

[49] Cereales de invierno: Trigo, Influencia de los factores externos (2009), Acor. Última revisión: Mayo, 2019.  
[http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des\\_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-II/3-CI-9.pdf](http://www.cooperativaacor.com/extra/descargas/des_12/PUBLICACIONES/Otros-cultivos-II/3-CI-9.pdf)

[50] El cultivo de trigo. Última revisión: Mayo, 2019.  
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>

[51] LA COSECHA DE CEREAL 2018 EN CASTILLA Y LEÓN SUPERARÁ LOS 7 MILLONES DE TONELADAS, LA SEGUNDA MEJOR CAMPAÑA DE LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS. Última revisión: Mayo, 2019.  
[https://comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla100Detalle/1281372057130/\\_/1284816684350/Comunicacion](https://comunicacion.jcyl.es/web/jcyl/Comunicacion/es/Plantilla100Detalle/1281372057130/_/1284816684350/Comunicacion)

[52] Estudio de la remolacha. Última revisión: Mayo, 2019.  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20005/fichero/1.Memoria%252F1.7.pdf>

[53] Ramos, F. "Azucarera amenaza con retirar la ayuda a la remolacha y pone en jaque al sector". (01/12/2018) DIARIO DE VALLADOLID.

[54] Aplicaciones del PLA. Última revisión: Mayo, 2019.

[http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/monica/aplicaciones\\_del\\_pla.htm](http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/monica/aplicaciones_del_pla.htm)

[55] Liliana Serna C.; Aida Rodríguez de S y Fred Albán A; Ácido Poliláctico (PLA) Propiedades y Aplicaciones. 17/10/13

[56] Extracción de azúcar de la remolacha. Última revisión: Mayo, 2019.

<http://www.cooperativaacor.com/es/extraccion/art/189/>

[57] Baquero Franco, J. La industria de la remolacha (Núm. 8/87 HD), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

[58] Medicamento quirales. Última revisión: Junio, 2019

<http://inocencia0.blogspot.com/p/porque-estudia.html>

[59] Polylactic Acid. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-4377-4459-0.00002-0> © 2013 Elsevier Inc. All rights reserved.

[60] Feoli Bonillo, M et al; "Obtención de ácido láctico por fermentación con *Lactobacillus delbrueckii bulgaris*"; Revista Colombiana de ciencia Químico-Farmacéutica; N° 23 1995

[51] Norddahl, B., 2001. Fermentative Production and Isolation of Lactic Acid. U.S. Patent No. 6 319 382 B1, U.S. Patent Office.

[62] Bioproduct formation. Última revisión: Mayo, 2019.

<https://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/LUDEKNG.HTM>

[63] Gruber, P.R., Hall, E.S., Kolstad, J.J., Iwen, M.L., Benson, R.D., Borchardt, R.L., 1993. Continuous process for manufacture of a purified lactide. U.S. Patent 5 274 073, U.S. Patent Office.

[64] Ohara, H., Ito, M., Sawa, S., 2003. Process for producing lactide and process for producing polylactic acid from fermented lactic acid employed as starting material. U.S. Patent 6 569 989 B2, U.S. Patent Office.

[65] NatureWorks LLC, Quantification of Residual Lactide in Polylactide (PLA) by Gas Chromatography (GC) Using a Flame Ionization Detector (FID)-External Release Version. PLA\_GC\_13\_4

[66] CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX: 2018 ANNUAL VALUE. Última revisión: Mayo, 2019.  
<https://www.chemengonline.com/2019-cepci-updates-january-prelim-and-december-2018-final/>

[67] Catálogo: Tuberías de polietileno para presión, *Grupo Tuyper*.

[68] De la Oliva M., Malonda I., Manual de buenas prácticas en Gestión de residuos.2012

## 12. Anexo 1.

En este anexo se va a mostrar una tabla con la recopilación de todas las empresas con las que se ha puesto en contacto para la realización del Bloque 3: “Estado del arte de la industria del plástico en la comunidad de Castilla y León.”

NOMBRE	PÁGINA WEB	TÉLEFONO	FECHA DE CONTACTO
PLÁSTICOS RECA	<a href="http://www.plasticosreca.com">http://www.plasticosreca.com</a>		14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2019
INDURAEES	<a href="http://www.induraees.es/index.html">http://www.induraees.es/index.html</a>	979 067 962	14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2020
RECICLAJE PELÁEZ	<a href="http://www.pelaez.es/empresa.html">http://www.pelaez.es/empresa.html</a>	987 84 70 42	14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2021
RDM	<a href="https://mdsa.com/plasticos/">https://mdsa.com/plasticos/</a>	987 28 88 99	14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2022
LEGITRANS	<a href="http://www.legitrans.com/index.html">http://www.legitrans.com/index.html</a>		14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2023
FOSIMPE	<a href="http://www.fosimpe.com">http://www.fosimpe.com</a>	921 430 876	14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2024
PLÁSTIC ONIUM	<a href="http://www.onium.com/qui-eres-somos/plastic-com">http://www.onium.com/qui-eres-somos/plastic-com</a>	920 32 61 11	14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2025
VEGANZONES E HIJOS	<a href="https://www.veganzonesehijos.com/que-hacemos">https://www.veganzonesehijos.com/que-hacemos</a>		14/01/2019; 04/02/2019; 11/03/2026
PLÁSTICOS RIZA		921 55 04 18	12/03/2019; 18/03/19; 29/03/19; 10/04/19
ANARPLA	<a href="http://anarpla.com">http://anarpla.com</a>	96 391 95 04	12/03/2019; 18/03/19; 29/03/19; 10/04/19
ASOBIOCOM	<a href="https://www.asobiocom.es">https://www.asobiocom.es</a>	91 713 08 11	11/03/2019; 18/03/19; 29/03/19; 10/04/19
ECOEMBES	<a href="https://www.ecoembes.com/es">https://www.ecoembes.com/es</a>		11/03/2019; 18/03/19; 29/03/19; 10/04/19
COEXPAN	<a href="https://www.coexpant.com/es/">https://www.coexpant.com/es/</a>		11/03/2019; 18/03/19; 29/03/19; 10/04/19
PLÁSTICOS MAGONSA	<a href="https://plasticomagonsa.com/">https://plasticomagonsa.com/</a>	979 77 03 99	14/05/2019; 20/05/19; 27/09/19
FLEX N GATE	<a href="https://www.flex-n-gate.com/">https://www.flex-n-gate.com/</a>	983 22 84 78	14/05/2019; 20/05/19; 27/09/19
SOMACYL	<a href="https://somalcy.es/">https://somalcy.es/</a>		18/02/2019; 20/05/19; 27/09/19

Tabla 8: Listado de empresas contactadas en el desarrollo del Trabajo.