

# BIOICEP: INNOVACIÓN PARA LA ECONOMÍA CIRCULAR DE LOS PLÁSTICOS

AIMPLAS PARTICIPA EN EL PROYECTO BIOICEP PARA DESARROLLAR SOLUCIONES BASADAS EN BIOTECNOLOGÍA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN BIOPRODUCTOS DE ALTO VALOR COMO BIOPLÁSTICOS, FAVORECIENDO DE ESTA FORMA LA ECONOMÍA CIRCULAR DENTRO DEL SECTOR DEL PLÁSTICO.

Durante décadas el modelo económico social se ha basado en un modelo de producción y consumo lineal, lo que conlleva a una gran producción de residuos que finalmente son llevados a vertedero, tal y como se puede observar en la Figura 1. Sin embargo, en los últimos años la economía circular se ha convertido en un escenario en busca de un desarrollo sostenible. Dentro de este escenario se proponen diferentes estrategias en toda la cadena de valor de los productos y servicios. En el enfoque de la economía circular se encuentra reducir al mínimo las cantidades de material virgen incorporadas en productos, así como también minimizar la producción de residuos. Para llevar a cabo esto es necesario establecer interconexiones entre los residuos generados y la cadena de producción con el objetivo de cerrar bucles o “loops”, bien materiales o económicos, de los recursos como se muestra en la Figura 1.

En este sentido, en el sector del plástico es necesario crear y establecer el flujo de material desde los residuos generados después de su uso hasta la cadena de producción de plásticos. En este aspecto es donde se enmarca el proyecto BioICEP en el que AIMPLAS participa como socio. El objetivo del proyecto BioICEP es desarrollar una ruta para la biotransformación efectiva y eficiente tanto en coste, como en energía y carbono, de residuos plásticos en bioproductos y bioplásticos de alta demanda en el mercado. Para alcanzar este objetivo general se desarrollan otros 4 objetivos específicos. El primero de ellos es el desarrollo de biodegradación acelerada de alta eficiencia incorporando microorganismos que expresen nuevas y mejoradas enzimas permitiendo la degradación de mezclas de plásticos. El segundo objetivo es la degradación sostenible de al menos el 20% de mezclas de plásticos. El tercero de los objetivos es valorizar los residuos de mezclas de plásticos en bioproductos de alto valor mediante bioprocesos. Mientras que el último es desarrollar un prototipo sostenible y allanar el camino para conseguir llevar una solución al mercado cumpliendo las necesidades actuales y expectativas futuras.

# BIOICEP: INNOVATION FOR THE CIRCULAR ECONOMY OF PLASTICS

AIMPLAS IS PARTICIPATING IN THE BIOICEP PROJECT, WHICH SEEKS TO DEVELOP BIOTECHNOLOGY-BASED SOLUTIONS FOR THE TRANSFORMATION OF PLASTIC WASTE INTO HIGH-ADDED-VALUE BIOPRODUCTS, SUCH AS BIOPLASTICS, THUS FOSTERING THE CIRCULAR ECONOMY WITHIN THE PLASTICS SECTOR.

For decades, the socioeconomic model has been based on a linear concept of production and consumption, leading to the production of large quantities of waste, which is finally disposed of in landfills, as can be seen in Figure 1. However, in recent years, the circular economy has emerged as a model that seeks to promote sustainable development. This model proposes different strategies throughout the value chain of products and services. The circular economy approach seeks to minimise the quantities of virgin raw materials used in products, whilst also minimising waste production. To achieve this, interconnections must be established between waste generated and the production chain to enable the material and economic loops of resources to be closed, as shown in Figure 1.

In the plastics sector, the flow of materials from the waste generated to the plastics production chain must be created and established. The BioICEP project, in which AIMPLAS is participating as a partner, is working to achieve this. The main goal of the BioICEP project is to develop an effective and efficient route, in terms of cost, energy consumption and carbon emissions, for the biotransformation of plastic waste into bioproducts and bioplastics for which there is a high demand in the marketplace. In order to achieve this general objective, four specific objectives have been set. The first is to develop highly-efficient accelerated biodegradation through the incorporation of microorganisms that express new and improved enzymes to enable the degradation of mixed plastics. The second objective is to achieve sustainable degradation of at least 20% of plastic mixes. The third objective is to valorise waste plastic mixes by transforming them into high-added-value products through bioprocessing. And the final objective is to develop a sustainable prototype and pave the way to bring the solution to the marketplace, meeting current needs and future expectations.

## Modelo economía lineal | Linear economy model



## Modelo economía circular | Circular economy model

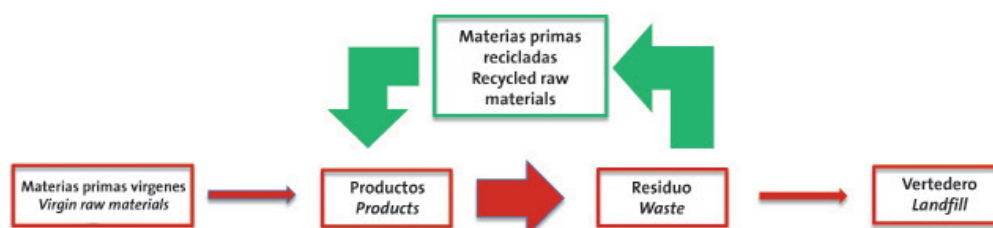


Figura 1. Esquema de los modelos de economía lineal y economía circular.  
Figure 1. Schematic diagram of linear and circular economic models.

Figure 2 shows a basic schematic diagram of the BioICEP project. The process is based on the depolymerisation of waste plastic mixes through the combined action of different degradation methods, including physical, enzymatic and microbial methods. This combined action results in the release of monomers and oligomers, which will be used for the production of new high-added-value bioproducts and bioplastics through biological processes such as fermentation.

Figura 2. Esquema básico del proyecto BioICEP. | Figure 2. Basic schematic diagram of BioICEP project.



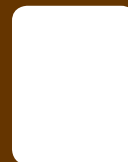
El esquema básico del proyecto BioICEP se muestra en la Figura 2. Este se basa en la depolimerización de mezclas de residuos plásticos mediante una acción combinada de diferentes métodos de degradación, como son métodos físicos, enzimáticos y microbianos. Esta acción combinada provocará la liberación de monómeros y oligómeros que serán empleados para la producción de nuevos bioproductos y bioplásticos de alto valor añadido mediante procesos biológicos como la fermentación.

Uno de los aspectos clave para alcanzar los objetivos mencionados anteriormente es la realización de un tratamiento previo al empleo de enzimas y microorganismos. Este pretratamiento permite modificar químicamente los polímeros de los que están compuestos los plásticos y esta modificación facilita el ataque enzimático y microbiano posterior, por lo que aumentará la eficiencia del proceso biológico. AMPLAS liderará las tareas de desarrollo y evaluación del funcionamiento de distintos métodos de pretratamiento con este fin, mejorar la biodegradabilidad de plásticos individuales y mezclas de estos. Uno de estos pretratamientos se basará en una degradación parcial térmica mediante tecnologías de alta eficiencia como la tecnología de microondas que permite una generación de calor dentro del reactor reduciendo así etapas limitantes como la transferencia de calor o energía. Otro de los pretratamientos que serán desarrollados se basará en las tecnologías de extrusión reactiva y el uso de CO<sub>2</sub> supercrítico. Estas tecnologías presentan la ventaja de que son fácilmente escalables, permitiendo el pretratamiento de elevadas cantidades de materiales, además el CO<sub>2</sub> supercrítico tiene la ventaja de que difunde por el material y el resultado del pretratamiento será más homogéneo. Además, estos pretratamientos serán optimizados y puestos a punto para cada uno de los materiales plásticos empleados y las distintas mezclas que se ensayarán. Concretamente los materiales que se van a ensayar individualmente son: PET, poliestireno, polietileno, Poliuretano, PLA, PHA y almidón. Adicionalmente, se estudiará el comportamiento sobre 3 mezclas diferentes de polímeros, una mezcla conteniendo únicamente polímeros no biodegradables, otra mezcla conteniendo únicamente polímeros biodegradables y otra mezcla conteniendo ambos, polímeros biodegradables y polímeros no biodegradables. Además, AIMPLAS también participará en otros aspectos técnicos del proyecto como la caracterización de los biomateriales y bioproductos obtenidos, así como asesorará en distintos aspectos sobre el uso de biopolímeros y bioproductos obtenidos para aplicaciones como packaging y productos del sector farmacéutico.

AIMPLAS participa en este proyecto en línea con su compromiso con la sostenibilidad medioambiental. Gracias a ello, las empresas del sector pueden introducir los criterios de la economía circular en su modelo de negocio y convertir los cambios legislativos que les afectan en oportunidades para mejorar su eficiencia, reducir su impacto ambiental y aumentar su rentabilidad económica. En este sentido, AIMPLAS también investiga en ámbitos como los materiales y productos biodegradables, el uso de biomasa y CO<sub>2</sub>.

A key element in terms of achieving the aforementioned objectives is pretreatment prior to the deployment of enzymes and microorganisms. This pretreatment enables chemical modification of the polymers of which the plastics are composed, which facilitates the subsequent enzymatic and microbial attack, thereby increasing the efficiency of the biological process. AMPLAS will lead tasks associated with the development and assessment of the functioning of different pretreatment methods for the purpose of enhancing the biodegradability of individual and mixed plastics. One of these pretreatments will be based on partial thermal degradation, implementing high-efficiency technologies such as microwave technology. This technology enables heat generation inside the reactor, thereby doing away with the need for stages, such as heat or energy transfer stages, which can be limiting factors. Another pretreatment developed as part of the project will be based on reactive extrusion technologies and the use of supercritical CO<sub>2</sub>. These technologies have the advantage of being easy to upscale, thus enabling the pretreatment of large quantities of materials. Supercritical CO<sub>2</sub> also has the advantage of spreading throughout the material, resulting in more homogenous pretreatment. Moreover, these pretreatments will be optimised and fine-tuned for each of the plastic materials used and the different mixes to be tested. The materials to be tested individually are: PET, polystyrene, polyethylene, Polyurethane, PLA, PHA and starch. The behaviour with three different polymer mixes will also be studied. One of the mixes will be composed exclusively of non-biodegradable polymers, another will contain only biodegradable polymers and the third mix will contain both biodegradable and non-biodegradable polymers. AIMPLAS will also participate in other technical aspects of the project, such as the characterisation of the biomaterials and bioproducts obtained, in addition to providing advice on different aspects of the use of the biopolymers and bioproducts obtained for applications such as pharmaceutical sector packaging and products.

AIMPLAS's participation in this project is in line with its firm commitment to environmental sustainability. Thanks to the project, companies in the sector will be able to introduce circular economy criteria into their business models and convert the legislative changes affecting them into opportunities to improve efficiency, reduce environmental impact and increase profitability. In this respect, AIMPLAS also carries out research in areas such as biodegradable materials and products, the use of biomass and CO<sub>2</sub>.



Pablo Ferrero\*  
Eva Verdejo\*  
Nora Lardiés\*

\*Investigadores en Reciclado Químico, AIMPLAS  
Chemical Recycling researchers at AIMPLAS