

ENTREGABLE 3.1

PROYECTOS—

2023-2024

Investigación y desarrollo de un sistema de biodegradación de residuos de poliuretano en la industria del mueble
BIOPUR

Entregable: E3.1 TRANSFERENCIA DE LOS RESULTADOS

Programa: Proyectos de I+D en CCTT en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22300042

Expediente: IMDEEA/2023/19

Duración: 01/06/2023 - 30/09/2024

Coordinado en AIDIMME por: IBIZA PALACIOS, DRA. MARIA DE SALES



AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

1.	<u>OBJETIVO.</u>	<u>1</u>
2.	<u>INTRODUCCIÓN.</u>	<u>1</u>
3.	<u>ALCANCE</u>	<u>3</u>
4.	<u>TRANSFERENCIA DE RESULTADOS</u>	<u>4</u>
	4.1 METODOLOGIA Y RESULTADOS ALCANZADOS	4
	4.2 PARTICIPACION DE EMPRESAS COLABORADORAS	6
4.1.1.	REUNIONES INICIALES	8
4.1.2.	REUNIONES DE SEGUIMIENTO	10
4.1.3.	REUNION FINAL	13
5.	<u>HOJA DE RUTA DE EXPLOTACIÓN</u>	<u>20</u>
	5.1 RETOS	20
	5.2 EXPLOTABILIDAD DE RESULTADOS.....	20
6.	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>22</u>
7.	<u>ANEXO EVIDENCIA COLABORACIÓN CON LAS EMPRESAS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</u>	

1. Objetivo.

El propósito del presente documento es la identificación de las estrategias necesarias para abordar la futura explotación y transferencia de los resultados de investigación identificados en el proyecto BIOPUR de nº expediente IMDEEA/2023/19, subvencionado a través del IVACE, y cofinanciado por la UE dentro del Programa FEDER de la Comunitat Valenciana 2021-2027.

Como punto de partida, el presente entregable describe la participación efectiva de las empresas colaboradoras en el proyecto. A continuación, identifica los elementos clave en la transferencia de los diferentes resultados alcanzados y finalmente se estructura como una guía diseñada para dirigir en el corto, medio y largo plazo, los esfuerzos de AIDIMME en la línea de I+D en la que se enmarca el proyecto.

2. Introducción.

El propósito de acciones de transferencia de los resultados_ que pueden ser un proceso de fabricación, un procedimiento analítico, información científica, características de un material o producto o simplemente lecciones aprendidas entre otros_ de las investigaciones llevadas a cabo en AIDIMME, es la transferencia del conocimiento a donde este proceso de fabricación o procedimiento analítico puede tener funcionalidad. Es decir, entre AIDIMME -quién dispone del conocimiento, experiencia operativa e historial del resultado -y las entidades receptoras quienes necesitan adquirir dichos conocimientos y experiencia para aplicarlos en su línea de actividad.

Dichos resultados de investigaciones forman la base de un proceso de fabricación, una estrategia, validación de un proceso, así como un punto del que partir hacia próximas mejoras continuas. Son necesarios para continuar el desarrollo y posteriormente alcanzar la categoría de comercialización.

La dinámica de transferencia de resultados en AIDIMME, varía en base a la naturaleza de estos. Es decir, si los resultados son una metodología analítica, una materia prima, un producto final.

En general, un proceso de transferencia de tecnología está formado por seis principales fases:

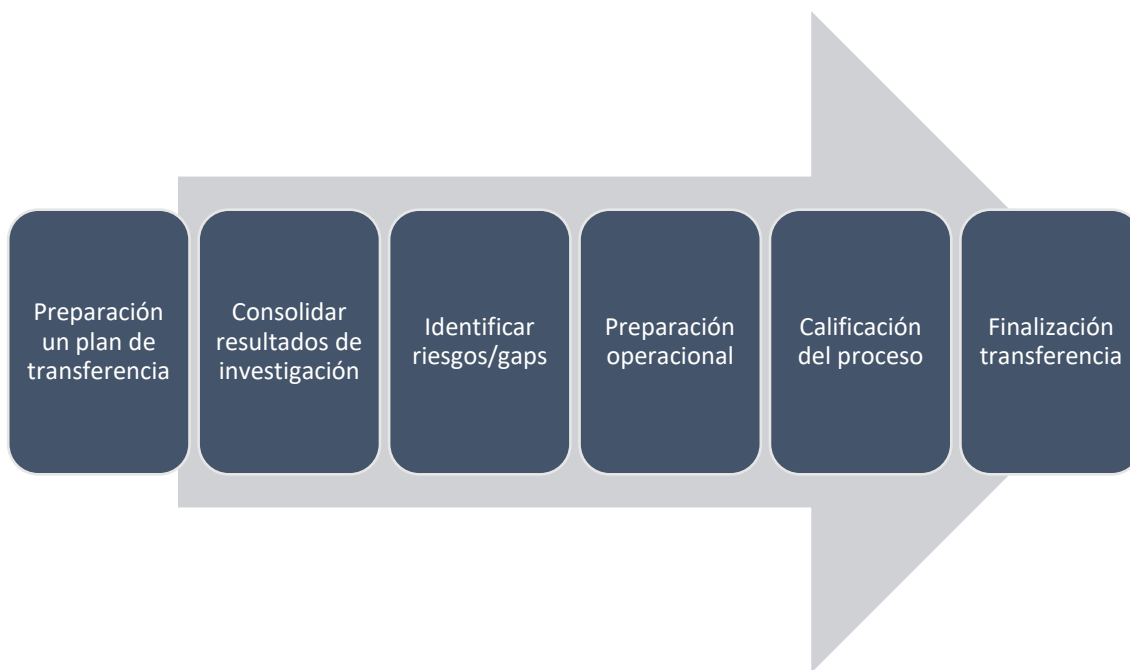


Ilustración 1. Proceso general de transferencia

El proceso de transferencia se basa en la definición del alcance del concepto, de la tecnología, de los resultados alcanzados y alcanzables del proyecto de investigación, así como estimación de costes (CAPEX, OPEX¹), aspectos relacionados a la calidad, normativas, y gestión de material, etc.

En la presente tipología de proyectos, es clave el papel de las empresas colaboradoras en la articulación de este plan de transferencia, por su conexión directa con el mercado.

AIDIMME incluye en su plan de transferencia de tecnología los siguientes componentes:

- Plan de ejecución del proyecto subvencionado (lista de paquetes de trabajo y su plazo de ejecución)
- Hitos y plazos previstos
- Recursos materiales y humanos, así como presupuesto asociado
- Criterios de éxito: estimación cuantitativa de etapas hasta alcanzar objetivo marcado, anticipar rendimientos, etc...
- Definición de estructura y pauta de escalado
- Gestión de riesgos
- Estrategia comercial

¹ CAPEX: "Capital Expenditures" (gastos de capital) y se refiere a las inversiones que realiza una empresa para adquirir, mejorar o mantener activos a largo plazo como edificios, terrenos, maquinaria o equipos
OPEX: "Operational expenditures", (gastos operacionales) es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales

- Estrategia reguladora
- Comunicaciones entre los investigadores involucrados en el proyecto y las empresas colaboradoras, receptores de resultados transferidos, entre otros destacan acuerdos firmados de colaboración, actas de reuniones, videoconferencias, correos electrónicos.
- Informes de validación.

El éxito de una transferencia tecnológica apropiada depende en mayor medida en el nivel de excelencia en conocimientos y el rendimiento de los investigadores asociados a cada proyecto de I+D, tanto por parte de AIDIMME como los del personal de contacto y de ejecución de tareas, por parte de las empresas colaboradoras.

3. Alcance

Los plásticos derivados del poliuretano, principalmente en forma de espumas, plantean un problema para su gestión, principalmente por el volumen de residuos generados, el cual ocupa ya el quinto lugar del mundo como basura plástica. En el marco de la economía circular es preciso investigar métodos de tratamiento lo más respetuosos con el medio ambiente, por un lado, y por otro tener plásticos biodegradables desde el principio.

Existen estudios encaminados a la búsqueda de materiales plásticos de fácil biodegradación. Sin embargo, no resulta ser un problema de fácil solución, ya que se busca que el material sea fácilmente biodegradable sin perder las características y propiedades que se requieren en la fase de uso de este.

El proyecto BIOPUR tiene como objetivo principal el **desarrollo de un sistema de biodegradación de residuos de poliuretano** generados al final de la vida útil de los productos en los que se emplea como material

Los objetivos específicos son:

1. **Caracterización de los residuos plásticos derivados del poliuretano** más habituales en el sector del mueble en la Comunitat Valenciana
2. **Selección de microorganismos (bacterias y/o hongos) en colecciones tipo involucrados en la metabolización de materiales plásticos:** selección, crecimiento, mantenimiento y conservación.
3. **Preparación de un inóculo bacteriano, mediante un proceso de selección, capaz de metabolizar materiales plásticos** mediante la toma de muestras de fuentes externas (residuos o aguas con presencia de partículas de poliuretano).
4. **Caracterización del inóculo mediante secuenciación genética** a nivel de género o especie.
5. **Evaluación de los procesos de biodegradación de los diferentes residuos plásticos de PUF mediante los microorganismos seleccionados** mediante diferentes técnicas tanto de análisis de imagen como mediante técnicas de análisis físico-químico.

4. Transferencia de resultados

La transferencia de tecnología comienza con un acuerdo formalizado entre AIDIMME y las empresas industriales de la Comunidad Valenciana, donde se ha detectado la aplicabilidad de los resultados del proyecto, por tanto, forman el grupo al que se dirigirá la transferencia de tecnología.

Es por ello que, en la fase inicial de definición de cada proyecto, firman AIDIMME y las empresas colaboradoras, un documento denominado “Declaración Expresa y Compromiso de Colaboración” que recoge los roles y responsabilidades, las fases y concepto de cada fase en las que participará la empresa colaboradora, los entregables desarrollados conjuntamente entre las dos partes, así como el método de comunicación empleado durante el desarrollo del proyecto, ya sea visita in situ, videoconferencias etc. Por otro lado, existe un conjunto de comunicaciones electrónicas (e-mail) que refuerzan y demuestran la participación efectiva de las empresas colaboradoras que han participado en el desarrollo del proyecto BIOPUR.

En cada una de las empresas colaboradoras del proyecto se ha contado con su participación activa, en forma de reuniones (tres), al inicio, mitad y final del proyecto. En cada una de ellas las empresas colaboradoras han sido conocedoras de los objetivos del proyecto, de su papel dentro del mismo, de las conclusiones y resultados obtenidos, y han podido aportar información de alto valor. Las empresas son usuarias de este tipo de material, y generan considerables cantidades de residuos de este tipo de material, por lo que han mostrado interés en participar en el mismo y contribuir en la investigación realizada

4.1 METODOLOGIA Y RESULTADOS ALCANZADOS

Para el desarrollo del proyecto se ha seguido una secuencia de etapas que se muestra a continuación, de forma más reducida y general

- Selección de microorganismos capaces de degradar la espuma de poliuretano, principalmente de lodos de depuradora y de restos de espumas en vertederos. En ambos casos en mayor medida han estado en contacto con este residuo. En este punto las empresas colaboradoras facilitan residuos de espuma de poliuretano expuestos a agentes bióticos y abióticos.
- Caracterización y puesta en marcha del proceso de biodegradación a nivel de laboratorio y en biorreactor.
- Estudio de las propiedades (análisis de imagen, física y química) de los residuos de espumas de poliuretano tras el proceso de biodegradación.
- Identificación de compuestos procedentes de los procesos de biodegradación de las espumas de PU.

Los resultados previstos eran los siguientes:

RESULTADOS E HITOS ESPERADOS

Resultado esperado 1: Selección de microorganismos (bacterias y/o hongos) en colecciones tipo capaces de metabolizar materiales plásticos
Resultado esperado 2: Obtención de un inóculo bacteriano capaz de metabolizar materiales plásticos de PUF
Resultado esperado 3: Puesta en marcha del bioproceso a través de un biorreactor
Resultado esperado 4: Evaluación, mediante técnicas de análisis fisicoquímicas, del estado/composición final de los diferentes residuos y/o subproductos de PUF de los tras los procesos de biodegradación
Hito 4.1.- Definición de las cepas de microorganismos de carácter poliuretanolíticas.
Hito 4.2.- Definición del inóculo bacteriano de carácter poliuretanolítico, caracterizado a nivel de género/especie por secuenciación genética
Hito 5.1.- Biodegradabilidad de los residuos de PUF a través de ensayos de laboratorio.
Hito 5.2.- Biodegradabilidad de los residuos de PUF a través del biorreactor.
Hito 6.1.- Evaluación de las propiedades físico-químicas de los productos resultantes del proceso de biodegradación.

RESULTADOS OBTENIDOS

Entre los principales resultados alcanzados en el proyecto BIOPUR, podemos destacar los siguientes, habiéndose alcanzado todos los resultados previstos :

1. Se ha conseguido con éxito seleccionar microorganismos capaces de degradar espumas de poliuretano, especialmente mediante consorcios microbianos que incluyen a las especies ***Priestia endophytica***, ***Pseudomonas anguilliseptica***, ***Bacillus safensis*** y ***Bacillus velezensis***, los cuales han mostrado una alta actividad poliuretanolítica. A este grupo de bacterias se le ha denominado **consorcio bacteriano AIDIMME**. La degradación se ha visto incrementada al aplicar un pretratamiento térmico a las espumas, inicialmente no previsto este tratamiento.
2. Se ha observado como los valores de biodegradabilidad de algunas espumas estudiadas mediante técnicas respirométricas han alcanzado un valor aproximado al de un PU reconocido como biodegradable.
3. También se ha llevado a cabo con éxito, dos procedimientos de biodegradación de espumas tratadas térmicamente en biorreactores piloto, con microorganismos procedentes de una EDAR, y con un consorcio de bacterias identificadas por AIDIMME.
4. Como resultados del aislamiento y secuenciación de las bacterias cultivables de los procesos de biodegradación a escala piloto a través del **consorcio EDAR**, se han determinado también como firmes candidatas para la degradación del PU los siguientes géneros y especies bacterianas: ***Pseudomonas putida***,

***Sphingopyxis terrae*, *Gordonia* spp., *Lysobacter* spp. y *Brevibacillus borstelensis*.**

5. El análisis de imagen ha mostrado degradación estructural de los PU.
6. La caracterización química mediante espectroscopía FTIR de los materiales tratados ha mostrado la rotura principalmente de los enlaces éster del poliuretano.
7. A través de metodologías cromatográficas, se ha logrado caracterizar metabolitos presentes en los medios de cultivo generados durante los ensayos a escala piloto en biorreactores, identificando compuestos de interés para la industria química. Estos fueron 4-Dietilaminofenil isotiocianato y 1,1,1Tris(hidroximetil)propano, compuestos que se emplean como reactivos para análisis químicos o como materia prima en la manufacturación de polímeros tipo poliuretanos y poliésteres.
8. De los ensayos físicos se ha determinado que la resistencia al desgarramiento necesaria para romper la espuma fue inferior en las espumas biodegradadas mediante ambos procesos a escala piloto, en comparación con los grupos de control. Este cambio de comportamiento ha podido ser consecuencia del debilitamiento de los puentes de la estructura tridimensional de las espumas ocasionado por las alteraciones observadas en las micrografías en SEM (conducciones, pequeños orificios, agrietamiento, bordes dentados, superficies rugosas).

4.2 PARTICIPACION DE EMPRESAS COLABORADORAS

Las acciones se realizaron según se indica en la siguiente tabla:

Acción de transferencia y promoción de resultados	Fecha realización	Resultados obtenidos	Empresas de la Comunitat Valenciana beneficiarias de la acción
Selección de microorganismos (bacterias y/o hongos) en colecciones tipo capaces de metabolizar materiales plásticos	Reuniones iniciales con las empresas colaboradoras el 26 y 29 de septiembre de 2023. Visitas presenciales	Las empresas conocen el detalle del proyecto en cuanto a objetivos, etapas, y más concretamente acerca de las etapas en las que colaboran. Las empresas proporcionan muestras de restos de espuma representativas de este tipo de residuos. Se trata de una acción de tipo A, donde se les informa de los resultados previstos y las empresas	MISSANA TAPICERIAS S.L. COLCHON STAR S.A. COMOTEX SISTEMAS DE DESCANSO S.L.U.

		plantean su realidad en cuanto a la gestión de este tipo de residuos	HEALTHCARE SPAIN
Obtención de un inóculo bacteriano capaz de metabolizar materiales plásticos de poliuretano	Reuniones on-line con las empresas colaboradoras 24 de abril de 2024	Se describe y explica metodología seguida durante la ejecución del proyecto: Actividad relacionada con la tarea 4.2 Actividad relacionada con la tarea 6.3 Resultados de secuenciación genética Actividad relacionada con la tarea 5.2	MISSANA TAPICERIAS S.L. COLCHON STAR S.A. COMOTEX SISTEMAS DE DESCANSO S.L.U.
Puesta en marcha del proceso de biodegradación a través de un reactor biológico		Se trata de una acción de tipo B, porque la empresas validan los resultados que se van obteniendo y aportan posibles explicaciones a los mismos. Al no disponer de laboratorios biológicos, no se puede realizar nada mas en las propias empresas	HEALTHCARE SPAIN
Evaluación, mediante técnicas de análisis fisicoquímicas, del estado/composición final de los diferentes residuos y/o subproductos de PUF tras los procesos de biodegradación	Reuniones finales con resultados obtenidos 27 de septiembre, 24 de septiembre de 2024	En esta reunión se presentan los resultados finales de cada fase del proyecto, incluyendo los avances en la degradación de las espumas de PU y el aislamiento de microorganismos eficaces. Se hace un análisis de cómo estos resultados se alinean con los objetivos iniciales y qué conclusiones se pueden extraer en términos de sostenibilidad, viabilidad y aplicabilidad de los métodos en la empresa. Se trata de una acción de tipo A, ya que las empresas son informadas de los resultados finales. De	MISSANA TAPICERIAS S.L. COLCHON STAR S.A. COMOTEX SISTEMAS DE DESCANSO S.L.U. HEALTHCARE SPAIN

		momento la aplicación a las empresas colaboradoras es poco factible, por el volumen de residuos que generan y las características de los tratamiento biológicos investigados	
--	--	--	--

Las empresas colaboradoras han sido convocadas, durante la ejecución del proyecto para diferentes reuniones en las que se ha llevado a cabo, por una parte, la presentación del proyecto, el seguimiento de resultados y finalmente la presentación de resultados finales.

El contenido de cada una de las reuniones por cada empresa colaboradora ha sido el siguiente:

4.1.1. REUNIONES INICIALES

Empresa COLCHON STAR

Llevada a cabo el 29/09/2023 en las instalaciones de la empresa.

Los puntos tratados durante la reunión son los siguientes:

- **Presentación inicial del proyecto BIOPUR.** Durante la presentación, se explican los objetivos específicos del proyecto, sus fases de desarrollo, el equipo de investigación involucrado, así como la importancia y el impacto ambiental y económico de encontrar soluciones biodegradables para este tipo de materiales. Se pretende destacar cómo BIOPUR podría transformar los procesos de reciclaje y descomposición de PUF, haciendo la industria más sostenible y reduciendo los residuos de materiales plásticos de difícil manejo.
- **Petición a la empresa de muestras PUF** tanto nuevas como fabricadas con anterioridad, y a ser posible, almacenadas en condiciones no controladas, con el fin de conseguir un aislamiento microbiológico que participe en la degradación natural del material. Para avanzar en el proyecto, se solicita a la empresa colaboradora que proporcione muestras de espuma de poliuretano de distintas antigüedades y condiciones de almacenamiento. Esto incluye tanto muestras recién fabricadas como otras almacenadas sin control de humedad, temperatura o exposición a contaminantes. Al trabajar con estas variaciones de condiciones, se busca encontrar microorganismos naturalmente presentes que hayan

comenzado a interactuar con el PU, facilitando el aislamiento de bacterias, hongos o enzimas que promuevan su descomposición natural. Actividad relacionada con la tarea 4.2

- **Petición de las características físico-mecánicas de las muestras aportadas.** A ser posible, se pide valores de densidad, resistencia a la compresión, elasticidad, permeabilidad. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- **Presentación del enlace electrónico para el seguimiento vía web de AIDIMME.** En el marco del proyecto BIOPUR, AIDIMME proporciona a la empresa un enlace electrónico que les permita el seguimiento de los avances y resultados. Esta plataforma online incluirá actualizaciones periódicas sobre los experimentos, descubrimientos, publicaciones de interés, y los logros obtenidos en las diferentes etapas del proyecto. El objetivo es ofrecer un acceso transparente y constante a toda la información del proyecto, permitiendo tanto a la empresa como a cualquier entidad o persona interesada conocer el progreso en tiempo real. Se explica que también se enviarán circulares de forma periódica indicando los avances del proyecto.

Empresa MISSANA TAPICERIAS

Llevada a cabo el 29/09/2023 en las instalaciones de la empresa.

Los puntos tratados durante la reunión son los mismos que los tratados en la empresa anterior.

Empresa HEALTHCARE SPAIN

Llevada a cabo el 26/09/2023 en las instalaciones de la empresa.

Los puntos tratados durante la reunión son los mismos que los tratados en la empresa anterior.

Empresa COMOTEX

Llevada a cabo el 26/09/2023 en las instalaciones de la empresa.

Los puntos tratados durante la reunión son los mismos que los tratados en la empresa anterior.

4.1.2. REUNIONES DE SEGUIMIENTO

Se llevan a cabo reuniones de seguimiento del proyecto con las empresas colaboradoras de forma *online*, con el fin de transmitir los resultados que se van obteniendo durante su ejecución.

Empresa MISSANA TAPICERIAS

Llevada a cabo el 24/04/2024 de forma online.

Asuntos tratados:

- Se describe y explica metodología seguida durante la ejecución del proyecto
- Se indica como se han llevado a cabo las dos líneas de trabajo principales, la A basada en la selección de especies bacterianas poliuretanolíticas mediante respirometría y la B como selección de especies bacterianas poliuretanolíticas a partir de residuos de espumas y de aguas residuales. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Explicación de la caracterización fenotípica de las cepas aisladas en medio líquido y sólido. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Resultados FITR producto de las reacciones metabólicas de las distintas cepas aisladas. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Resultados de secuenciación genética del ARN ribosomal 16S y de NGS de los aislados. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Paso siguiente: puesta a punto de los biorreactores en condiciones aerobias, con las cepas bacterianas aisladas y definidas como poliuretanolíticas. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Todo ello se muestra en una presentación de forma online.
- La reunión queda grabada.

Conclusiones:

- Se consiguen aislados bacterianos con los que trabajar por su perfil poliuretanolítico.
- Queda comprobada su eficacia mediante diferentes ensayos a nivel de laboratorio
- El siguiente paso consiste en pasar a una escalado semiindustrial mediante la puesta a punto de los biorreactores.
- Una espuma de cada empresa colaboradora se tomará como muestra de estudio para los diferentes procesos de biodegradación adaptando la normativa UNE-EN ISO 846 como metodología base.

- Las imágenes de la reunión se adjuntan en el Anexo del Acta de reunión.

Empresa HEALTHCARE SPAIN

Llevada a cabo el 24/04/2024 de forma online.

Asuntos tratados:

- Se describe y explica metodología seguida durante la ejecución del proyecto
- Se indica como se han llevado a cabo las dos líneas de trabajo principales, la A basada en la selección de especies bacterianas poliuretanolíticas mediante respirometría y la B como selección de especies bacterianas poliuretanolíticas a partir de residuos de espumas y de aguas residuales. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Explicación de la caracterización fenotípica de las cepas aisladas en medio líquido y sólido. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Resultados FITR producto de las reacciones metabólicas de las distintas cepas aisladas. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Resultados de secuenciación genética del ARN ribosomal 16S y de NGS de los aislados.
- Paso siguiente: puesta a punto de los biorreactores en condiciones aerobias, con las cepas bacterianas aisladas y definidas como poliuretanolíticas. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Todo ello se muestra en una presentación PPT de forma online.
- La reunión queda grabada.

Conclusiones:

- Se consiguen aislados bacterianos con los que trabajar por su perfil poliuretanolítico.
- Queda comprobada su eficacia mediante diferentes ensayos a nivel de laboratorio
- El siguiente paso consiste en pasar a una escalado semiindustrial mediante la puesta a punto de los biorreactores.
- Una espuma de cada empresa colaboradora se tomará como muestra de estudio para los diferentes procesos de biodegradación adaptando la normativa UNE-EN ISO 846 como metodología base.
- Las imágenes de la reunión se adjuntan en el Anexo del Acta de reunión.

Empresa COMOTEX

Llevada a cabo el 24/04/2024 de forma online.

Asuntos tratados:

- Se describe y explica metodología seguida durante la ejecución del proyecto
- Se indica como se han llevado a cabo las dos líneas de trabajo principales, la A basada en la selección de especies bacterianas poliuretanolíticas mediante respirometría y la B como selección de especies bacterianas poliuretanolíticas a partir de residuos de espumas y de aguas residuales. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Explicación de la caracterización fenotípica de las cepas aisladas en medio líquido y sólido. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Resultados FITR producto de las reacciones metabólicas de las distintas cepas aisladas. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Resultados de secuenciación genética del ARN ribosomal 16S y de NGS de los aislados. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Paso siguiente: puesta a punto de los biorreactores en condiciones aerobias, con las cepas bacterianas aisladas y definidas como poliuretanolíticas. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Todo ello se muestra en una presentación PPT de forma online.
- La reunión queda grabada.

Conclusiones:

- Se consiguen aislados bacterianos con los que trabajar por su perfil poliuretanolítico.
- Queda comprobada su eficacia mediante diferentes ensayos a nivel de laboratorio
- El siguiente paso consiste en pasar a una escalado semiindustrial mediante la puesta a punto de los biorreactores.
- Una espuma de cada empresa colaboradora se tomará como muestra de estudio para los diferentes procesos de biodegradación adaptando la normativa UNE-EN ISO 846 como metodología base.
- Las imágenes de la reunión se adjuntan en el Anexo del Acta de reunión.

4.1.3. REUNION FINAL

En esta reunión se presentan los resultados finales de cada fase del proyecto, incluyendo los avances en la degradación de las espumas de PU y el aislamiento de microorganismos eficaces. Se hace un análisis de cómo estos resultados se alinean con los objetivos iniciales y qué conclusiones se pueden extraer en términos de sostenibilidad, viabilidad y aplicabilidad de los métodos en la empresa.

COLCHON STAR

Llevada a cabo el 27/09/2024 en las instalaciones de la empresa.

Asuntos tratados:

- Durante la reunión se ha llevado a cabo una presentación con una recopilación de todos los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto.
- La muestra de espuma estudiada procedente de esta empresa es la referenciada como: 3,5 KPa. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Se hace hincapié en los resultados que han mostrado las espumas con las que fabrican sus productos que fueron las que nos facilitaron al inicio del proyecto. Actividad relacionada con la tarea 4.2.
- Hay variabilidad en los valores de biodegradación obtenidos a partir de sus muestras de espumas. Actividad relacionada con las tareas 5.2 y 6.3
- La empresa justifica este hecho con que tienen constancia de que, a las espumas en ocasiones, les añaden talco con el fin de aumentar su densidad y usar menos PU. Ello deriva en una merma de la calidad del producto final. Se habla de analizar las espumas ensayadas con el fin de cuantificar el contenido en sólidos de las espumas y verificar si hay o no relación entre los resultados y el contenido en sólidos añadidos como el talco.
- La empresa plantea un proyecto en el que se empleen materias primas de origen natural para la fabricación de colchones, de esta forma se conseguirían niveles de biodegradación mayores y el tratamiento de residuos sería más sostenible.
- Se detallan los parámetros de biodegradación obtenidos mediante el uso de consorcios bacterianos procedentes PUF (espumas de poliuretano) degradadas y de lodos EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) con tratamiento biológico y presencia comprobada de microplásticos. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Escalado piloto del proceso de biodegradación mediante consorcio bacteriano AIDIMME y microbiológico EDAR a través de dos biorreactores, uno de ellos estanco. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Se muestran los resultados del análisis de imagen mediante SEM de las espumas

- tras el proceso de biodegradación. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Se muestran los resultados de las caracterizaciones de los parámetros físico-mecánicos de las espumas tras el proceso de biodegradación como es medición de densidad aparente, pérdida de masa total, resistencia al desgarro, deformación remanente, y resistencia a la compresión. Actividad relacionada con la tarea 6.3
 - Químicamente se detalla como productos de la biodegradación aparecen en el medio compuestos primarios e intermediarios en la fabricación de las PUF.

Conclusiones:

- La empresa, como fabricante de espumas que es nos informa que tuvieron un problema de acumulación de residuos de PUF hace tres años. A raíz de ello desarrollaron un sistema de trituración, jugando con las proporciones de espumas PUF y de viscoelástica, obteniendo productos espumados nuevos a los que también están dando salida comercial.
- De todas formas, estos nuevos productos mediante el uso de residuos finalmente llegaran a ser de nuevo un residuo, ya que no siempre van a poder triturarse y reutilizarse de nuevo. De ahí el interés de la empresa en colaborar en proyectos como el BIOPUR en el que se desarrollen nuevos sistemas de tratamiento de estos residuos.
- Interés marketing empresa. Publican noticias con los resultados del proyecto.
- Valorización positiva de los resultados del proyecto.
- Posibilidad de realización de proyecto futuro con gestor de residuos de espumas de la empresa.
- Se prestan a colaborar de nuevo en una continuación del proyecto.
- Las fotografías de la reunión se adjuntan en el Anexo del Acta de reunión.

COMOTEX

Llevada a cabo el 24/09/2024 en las instalaciones de la empresa.

Asuntos tratados:

- Durante la reunión se ha llevado a cabo una presentación con una recopilación de todos los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto.
- La muestra de espuma estudia procedente de esta empresa es la referenciada como: Densidad 25 kg/m³. Actividad relacionada con la tarea 4.2

- Se hace hincapié en los resultados que han mostrado las espumas con las que fabrican sus productos que fueron las que nos facilitaron al inicio del proyecto. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Se detallan los parámetros de biodegradación obtenidos mediante el uso de consorcios bacterianos procedentes PUF (espumas de poliuretano) degradadas y de lodos EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) con tratamiento biológico y presencia comprobada de microplásticos. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Escalado piloto del proceso de biodegradación mediante consorcio bacteriano AIDIMME y microbiológico EDAR a través de dos biorreactores, uno de ellos estanco. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Los resultados obtenidos de la biodegradación con los dos biorreactores proceden de sus espumas. Actividad relacionada con la tarea 5.2. Las imágenes que se muestran a continuación muestran el montaje de los dos biorreactores a escala piloto para la biodegradación de las muestras de la empresa:

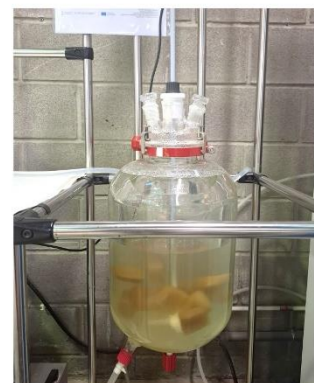
Biorreactor consorcio microbiano EDAR (R1)



Montaje sistema biodegradación espumas de poliuretano flexibles

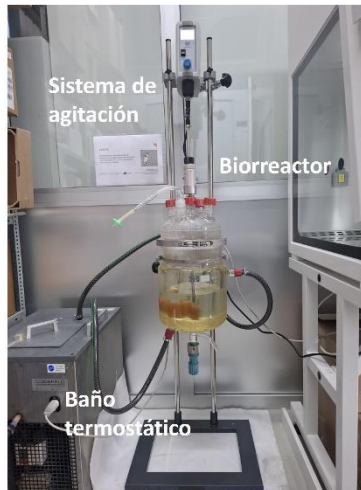


Biorreactor Día 1

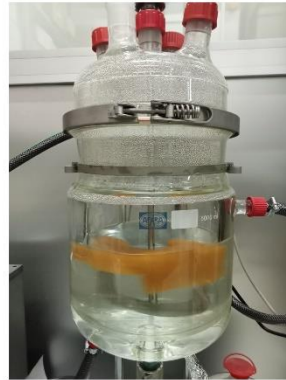


Biorreactor Día 60

Biorreactor estanco consorcio bacteriano AIDIMME (R2)



Montaje sistema biodegradación espumas de poliuretano flexibles



Biodegradación día 1



Biodegradación día 60

- Se muestran los resultados del análisis de imagen mediante SEM de las espumas tras el proceso de biodegradación. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Se muestran los resultados de las caracterizaciones de los parámetros físico-mecánicos de las espumas tras el proceso de biodegradación como es medición de densidad aparente, pérdida de masa total, resistencia al desgarro, deformación remanente, y resistencia a la compresión. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Químicamente se detalla como productos de la biodegradación aparecen en el medio compuestos primarios e intermediarios en la fabricación de las PUF.

Conclusiones:

- Interés marketing empresa. Publican noticias con los resultados del proyecto.
- Valorización positiva de los resultados del proyecto.
- Necesidad de tecnología para el cumplimiento de nuevos retos futuros y exigencias legislativas en temas de medio ambiente. Para ello necesitan de los IITT como referentes para que les proporcionen las herramientas necesarias para el cumplimiento de la legislación.
- Posibilidad de realización de proyecto futuro con gestor de residuos de espumas de la empresa.
- Se prestan a colaborar de nuevo en una continuación del proyecto.
- Las fotografías de la reunión se adjuntan en el Anexo del Acta de reunión.

HEALTHCARE SPAIN

Llevada a cabo el 27/09/2024 en las instalaciones de la empresa.

Asuntos tratados:

- Durante la reunión se ha llevado a cabo una presentación con una recopilación de todos los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto.
- La muestra de espuma estudia procedente de esta empresa es la referenciada como: espuma PU. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Se hace hincapié en los resultados que han mostrado las espumas con las que fabrican sus productos que fueron las que nos facilitaron al inicio del proyecto. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Se detallan los parámetros de biodegradación obtenidos mediante el uso de consorcios bacterianos procedentes PUF (espumas de poliuretano) degradadas y de lodos EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) con tratamiento biológico y presencia comprobada de microplásticos. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Escalado piloto del proceso de biodegradación mediante consorcio bacteriano AIDIMME y microbiológico EDAR a través de dos biorreactores, uno de ellos estanco. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Los resultados obtenidos de la biodegradación con los dos biorreactores proceden de sus espumas. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Se muestran los resultados del análisis de imagen mediante SEM de las espumas tras el proceso de biodegradación. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Se muestran los resultados de las caracterizaciones de los parámetros físico-mecánicos de las espumas tras el proceso de biodegradación como es medición de densidad aparente, pérdida de masa total, resistencia al desgarro, deformación remanente, y resistencia a la compresión. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Químicamente se detalla como productos de la biodegradación aparecen en el medio compuestos primarios e intermedios en la fabricación de las PUF.

Conclusiones:

- La empresa, como fabricante de espumas que es nos informa que tuvieron un problema de acumulación de residuos de PUF hace tres años. A raíz de ello desarrollaron un sistema de trituración, jugando con las proporciones de espumas PUF y de viscoelástica, obteniendo productos espumados nuevos a los que también están dando salida comercial.

- De todas formas, estos nuevos productos mediante el uso de residuos finalmente llegarían a ser de nuevo un residuo, ya que no siempre van a poder triturarse y reutilizarse de nuevo. De ahí el interés de la empresa en colaborar en proyectos como el BIOPUR en el que se desarrollen nuevos sistemas de tratamiento de estos residuos.
- Interés marketing empresa. Publican noticias con los resultados del proyecto.
- Valorización positiva de los resultados del proyecto.
- Posibilidad de realización de proyecto futuro con gestor de residuos de espumas de la empresa.
- Se prestan a colaborar de nuevo en una continuación del proyecto.
- Las fotografías de la reunión se adjuntan en el Anexo del Acta de reunión.

Missana

Llevada a cabo el 24/09/2024 en las instalaciones de la empresa.

Asuntos tratados:

- Durante la reunión se ha llevado a cabo una presentación con una recopilación de todos los resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto.
- La muestra de espuma estudia procedente de esta empresa es la referenciada como: CMHR-35. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Se hace hincapié en los resultados que han mostrado las espumas con las que fabrican sus productos que fueron las que nos facilitaron al inicio del proyecto. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Se detallan los parámetros de biodegradación obtenidos mediante el uso de consorcios bacterianos procedentes PUF degradadas y de lodos EDAR con tratamiento biológico. Actividad relacionada con la tarea 4.2
- Escalado piloto del proceso de biodegradación mediante consorcio bacteriano AIDIMME y microbiológico EDAR a través de dos biorreactores, uno de ellos estanco. Actividad relacionada con la tarea 5.2
- Se muestran los resultados del análisis de imagen mediante SEM de las espumas tras el proceso de biodegradación. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Se muestran los resultados de las caracterizaciones de los parámetros físico-mecánicos de las espumas tras el proceso de biodegradación como es medición de densidad aparente, pérdida de masa total, resistencia al desgarrar, deformación remanente, y resistencia a la compresión. Actividad relacionada con la tarea 6.3
- Químicamente se detalla como productos de la biodegradación aparecen en el medio compuestos primarios e intermedios en la fabricación de las PUF.

Conclusiones:

- Interés marketing empresa
- Valorización positiva de los resultados del proyecto.
- Necesidad de tecnología para el cumplimiento de nuevos retos futuros en temas de medio ambiente
- Posibilidad de realización de proyecto futuro con gestor de residuos de espumas de la empresa.
- Se prestan a colaborar de nuevo en una continuación del proyecto.
- Las fotografías de la reunión se adjuntan en el Anexo del Acta de reunión.

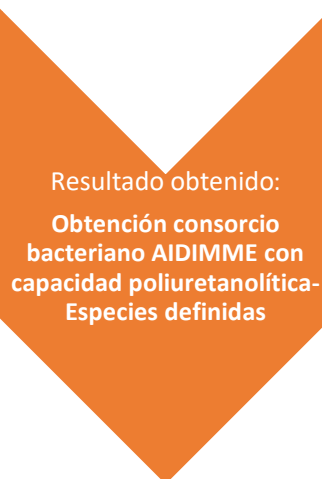
5. HOJA DE RUTA DE EXPLOTACIÓN

5.1 RETOS

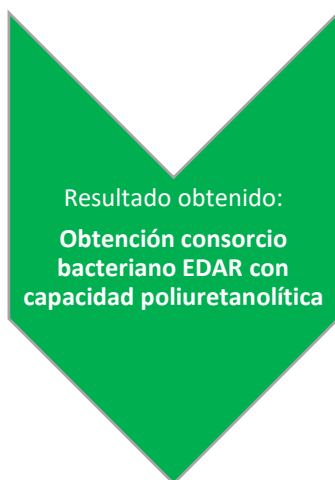
El principal reto al que se enfrenta el desarrollo del proyecto, son el conseguir un proceso de tratamiento de las espumas que sea competitivo para tratar grandes cantidades de restos de espumas, desde un punto de vista ambiental, de efectividad y teniendo en cuenta los costes de explotación. Lógicamente, para las empresas que han colaborado en este proyecto, no les resulta rentable este tipo de procesos frente a la gestión de los restos de espumas de poliuretano.

5.2 EXPLOTABILIDAD DE RESULTADOS

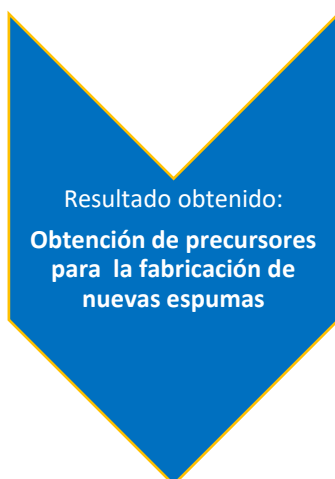
Dado que la hoja de ruta tiene un punto de partida y unos objetivos a alcanzar, la estrategia de AIDIMME es marcar un plazo y realizar un seguimiento de su progreso y evaluación escalonada durante intervalos predeterminados de tiempo para evitar la pérdida de su efectividad y actualizar dichos objetivos cuando proceda.



- Futuras investigaciones:** Optimización del consorcio bacteriano añadiendo nuevas cepas o mejorando su rendimiento enzimático
- Objetivo a corto plazo:** Identificar las condiciones óptimas para la actividad poliuretanolítica, como pH, temperatura, disponibilidad de oxígeno, y fuentes de carbono adicionales. Desarrollo de biorreactores para maximizar la actividad degradativa en entornos controlados.
- Objetivo a medio plazo:** Evaluar la capacidad del consorcio para degradar diferentes tipos de poliuretano (espuma flexible, rígida, elastómeros, etc.).
- Objetivo a largo plazo:**
 - Secuenciación y análisis del genoma de las especies involucradas para identificar genes responsables de la degradación del poliuretano (PU).
 - Diseño de productos comerciales, como mezclas microbianas o enzimas purificadas.
 - Modificación genética para aumentar la expresión de enzimas específicas o mejorar su estabilidad en condiciones ambientales adversas.



- Futuras investigaciones:** Optimización del consorcio bacteriano mejorando su rendimiento enzimático
- Objetivo a corto plazo:** Investigar los compuestos resultantes de la degradación del poliuretano, como oligómeros o monómeros, y su potencial uso en la producción de nuevos materiales o energía.
- Objetivo a medio plazo:**
 - Evaluar el potencial del consorcio para ser implementado en procesos de depuración de aguas residuales con presencia de microplásticos y residuos de poliuretano.
 - Probar la efectividad del consorcio para degradar residuos de poliuretano en ambientes naturales o artificiales contaminados. Evaluar la capacidad del consorcio para degradar diferentes tipos de poliuretano (espuma flexible, rígida, elastómeros, etc.).
- Objetivo a largo plazo:**
 - Diseño de productos comerciales, como mezclas microbianas o enzimas purificadas.
 - Creación de bioadhesivos o biomateriales derivados de subproductos del poliuretano degradado.



- Futuras investigaciones:**
 - Analizar la pureza, estabilidad y reactividad de los precursores generados durante el proceso de biodegradación.
 - Evaluar si los compuestos obtenidos son equivalentes o superiores a los derivados del petróleo en términos de calidad y desempeño.
 - Explorar si los precursores pueden ser utilizados para aplicaciones más allá de la fabricación de espumas de PU, como adhesivos, recubrimientos o elastómeros.
- Objetivo a corto plazo:** Trabajar con empresas de gestores de residuos y fabricantes de poliuretano para integrar esta tecnología en procesos industriales.
- Objetivo a medio plazo:** Determinar si el proceso de biodegradación utilizado en PUF puede ser adaptado para generar precursores útiles a partir de otros plásticos, como poliésteres o policarbonatos
- Objetivo a largo plazo:**
 - Incorporar los conocimientos obtenidos para diseñar nuevas espumas de PU más biodegradables o reciclables.
 - Crear espumas funcionalizadas con propiedades avanzadas utilizando los precursores generados biológicamente.

6. Conclusiones

Este proyecto nos permite avanzar en el conocimiento de la viabilidad del tratamiento de este tipo de espumas, abriendo una puerta interesante para la obtención de precursores por descomposición bacteriana. No obstante, sería preciso investigar el escalado a nivel de planta piloto más cercana a la realidad para evaluar las posibilidades de este tipo de tratamiento. La participación de empresas gestoras de este tipo de residuo se hace necesaria para este avance.

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es

www.aidimme.es