



E-MICROPLAST

Soluciones
Ambientales II



Contenido

1. Ficha técnica del proyecto	2
2. Antecedentes y motivaciones	3
3. Objetivos del proyecto	4
4. Plan de trabajo	5
5. Resultados obtenidos	6
6. Colaboradores externos e impacto empresarial	15



1. Ficha técnica del proyecto

N.º EXPEDIENTE	IMAMCA/2024/6
TÍTULO COMPLETO	Soluciones ambientales II
PROGRAMA	Plan de actividades de carácter no económica 2024
ANUALIDAD	2024
PARTICIPANTES	(si procede)
COORDINADOR	(si procede)
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870



2. Antecedentes y motivaciones

Durante la ejecución de proyectos anteriores, se desarrolló y validó un método de separación de microplásticos en aguas residuales; también se compararon y evaluaron distintas tecnologías ya existentes en el mercado para la captura de microfibras durante el proceso de lavado doméstico. Se llevó a cabo un estudio de vermicompostaje donde se comprobó la eliminación de las fibras naturales mediante vermicompostaje durante un periodo de 30 días, y se inició un estudio de eliminación de microplásticos mediante digestión anaerobia. Dentro de la gestión del agua, se llevaron a cabo pruebas de tintura con mezclas de agua residual urbana, agua residual industrial con agua de proceso en distintas proporciones para evaluar el porcentaje de cada uno de los efluentes capaz de dar resultados óptimos. Una de las motivaciones del proyecto es continuar la investigación del proyecto anterior para alcanzar los objetivos en el control de microplásticos tanto en la industria como en el medio ambiente.

La presencia de microplásticos (MPs) en el medio ambiente es una preocupación debido a su impacto en la salud de las personas y los ecosistemas. Las emisiones de MPs ocurren principalmente en la producción textil y durante el lavado de productos y, aunque los sistemas de depuración de las aguas residuales industriales y urbanas retienen buena parte de estos MPs en los lodos (aproximadamente un 80%), parte de ellos escapan a ríos y mares, afectando la naturaleza. La UE promueve el uso de lodos de depuradora como abono sostenible, pero falta legislación que limite los MPs en los lodos debido a la falta de información sobre su impacto en los cultivos.

Por otro lado, y de acuerdo con la ONU, la industria de la moda y el textil es una de las más contaminantes a nivel mundial. La producción de ropa genera miles de toneladas de emisiones de CO₂ y requiere una cantidad excesiva de agua y productos químicos. Y no solamente la industria textil. En los últimos años, la preocupación de las instituciones y la sociedad por el medio ambiente ha provocado que las empresas se vean en la obligación de optimizar y mejorar los procesos para poder adaptarse a legislaciones de emisiones y consumo de materias primas cada vez más restrictivas, siendo el consumo de agua uno de los principales aspectos a considerar. La reutilización de aguas permite un suministro estable, continuo y asequible que no está sujeto a oscilaciones climáticas. España está sometida a un régimen pluvial escaso, especialmente las zonas más pobladas y con más atractivo turístico.



3. Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto es la revalorización de efluentes industriales para proporcionar un modelo de cadena de valor más circular; haciendo hincapié en el estudio de la eliminación de contaminantes como: microplásticos, polifenoles, bis(2-etilhexil) ftalato...

Atendiendo al objetivo del proyecto, se han definido los siguientes objetivos específicos:

- Identificación, determinación y eliminación de microplásticos y contaminantes emergentes en aguas residuales.
- Eliminación de contaminantes mediante digestión anaerobia y biorremediación.
- Gestión ciclo integral del agua en la industria.

Los resultados esperados del proyecto son:

- Estudio de la viabilidad del reciclaje del agua proveniente de planta piloto con sistema de filtración, caracterización de las aguas y cuantificación en la eliminación de microplásticos.
- Digestión anaerobia de residuos textiles, para la eliminación de microplásticos en lodos y en aguas provenientes de lavado de tejidos celulósicos.
- Eliminación de microplásticos por medio del Vermicompostaje (proceso que emplea lombrices para madurar el compost): durante la ejecución del proyecto anterior se demostró la eliminación de los microplásticos de origen natural. Durante este proyecto se pretende evaluar la degradación de los microplásticos de origen sintético, la cual se da a partir de los 60 días hasta los 120 días.
- Validación en el proceso de tintura con la utilización de aguas tratadas en depuradora.

4. Plan de trabajo

El cronograma del proyecto ha sido el siguiente:

PAQUETES DE TRABAJO <u>E-Microplast</u>	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PT 1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
A1.1. Gestión y seguimiento												
PT 2. EJECUCIÓN TÉCNICA												
A2.1 Estado del arte/Viabilidad técnica/IPR												
A2.2 Experimental-												
A2.3. Caracterización												
A2.4. Coordinación técnica y validación												
PT 3. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS												
A3.1 Comunicación, difusión y transferencia de resultados												
PT 4 SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
A.4.1. Supervisión y seguimiento del proyecto												

Las actividades del proyecto se han encuadrado en el paquete de trabajo 2,3 y 4, el cual se ha dividido en las siguientes actividades:

PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA

- ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES
- ACTIVIDAD 2.2. EXPERIMENTAL
- ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN
- ACTIVIDAD 2.4. COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN

PT3. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

- ACTIVIDAD 3.1. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.

PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

- ACTIVIDAD 4.1. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

5. Resultados obtenidos

Identificación, determinación y eliminación de microplásticos (MPs) y contaminantes emergentes en aguas residuales.

En esta línea del proyecto se han controlado los parámetros del agua de salida en la planta piloto de una empresa textil que cuenta con un sistema biológico de membranas (MBR) y de ultrafiltración (UF), con el fin de comprobar la eficacia de depuración de estos sistemas para la posible reutilización del agua en procesos textiles, analizando también la cuantificación de los MPs eliminados en cada proceso.

Los parámetros analizados han sido:

- pH
- Conductividad
- Turbidez
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que el pH se mantiene bastante constante, mientras que existe una disminución de hasta un 15% de la conductividad en el agua tratada, esto indica que se han eliminado una cantidad significativa de iones disueltos, como sales, minerales y otros contaminantes, durante el proceso de filtración por membrana de ultrafiltración. Los resultados obtenidos de la turbidez muestran una reducción media del 90 % con respecto a la muestra de entrada después de pasar el agua por la membrana de ultrafiltración. También se observa una clara disminución entorno al 50 % de la DQO, siendo un método eficaz para eliminar sólidos suspendidos, bacterias, virus y macromoléculas.

Se han cuantificado las cantidades y longitudes de los MPs en el agua después de cada proceso para comprobar la eficacia del proceso de depuración. Los resultados se pueden ver en la tabla 1:

Origen agua	Concentración Microplásticos (MPs/l)	Longitud mínima (µm)	Longitud máxima (µm)	Longitud media (µm)
Entrada Planta (Salida DAF)	69.000	19	6.414	496
Salida MBR	16.667	21	2.527	593
Salida UF	8.667	31	1.916	492

Tabla 1: Cuantificación de MPs en los diferentes procesos

Los resultados indican que la planta piloto ha conseguido eliminar un 90% de los MPs del agua de entrada en la salida de la UF, comprobando la eficacia de este sistema a la hora de la eliminación de los MPs

En cuanto a las longitudes de MPs en las siguientes figuras.

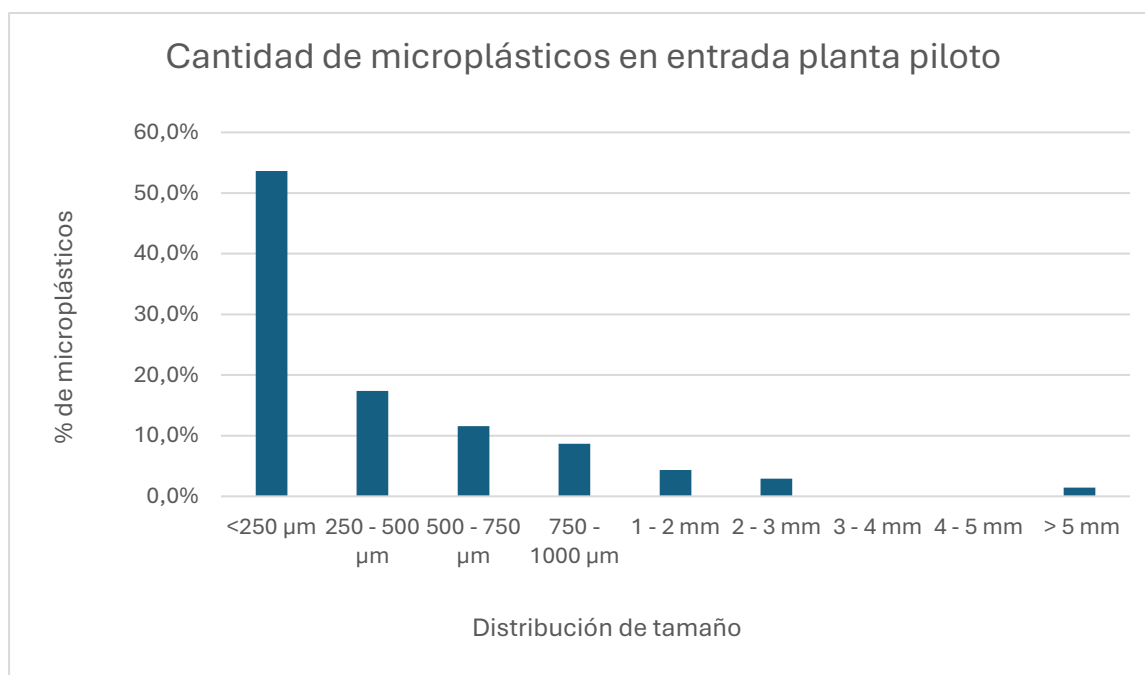


Figura 1. Cantidad de MPs por tamaño en la entrada de la planta piloto

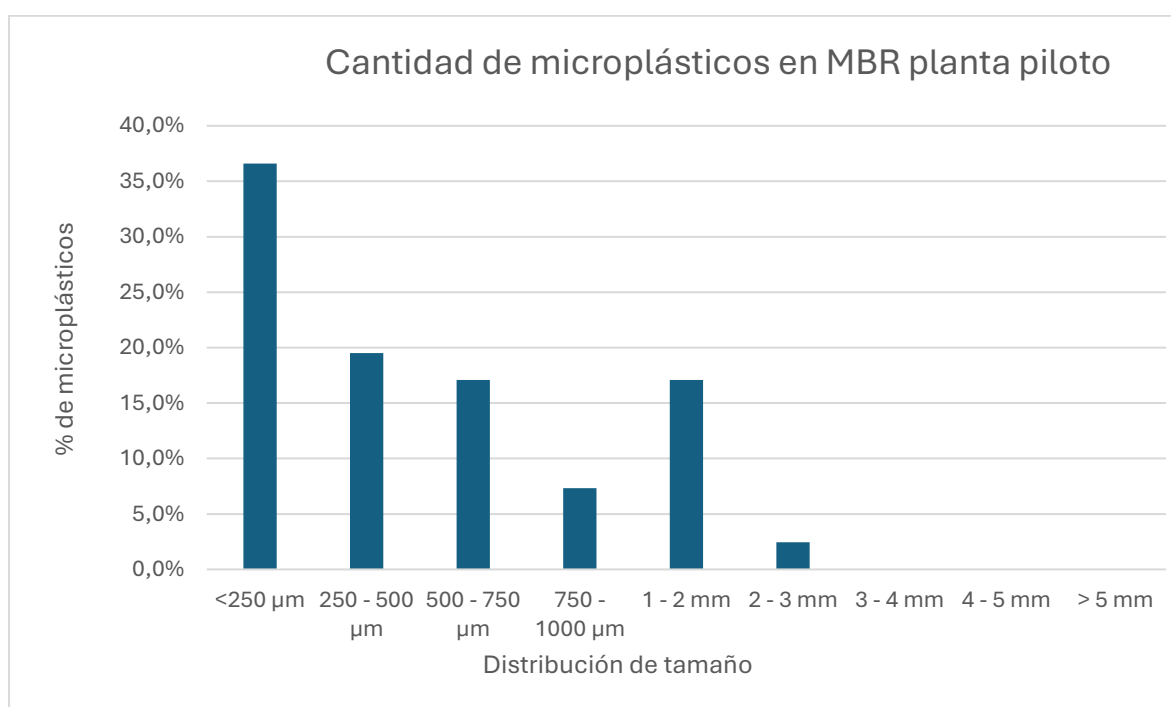


Figura 2. Cantidad de MPs por tamaño en el MBR de la planta piloto

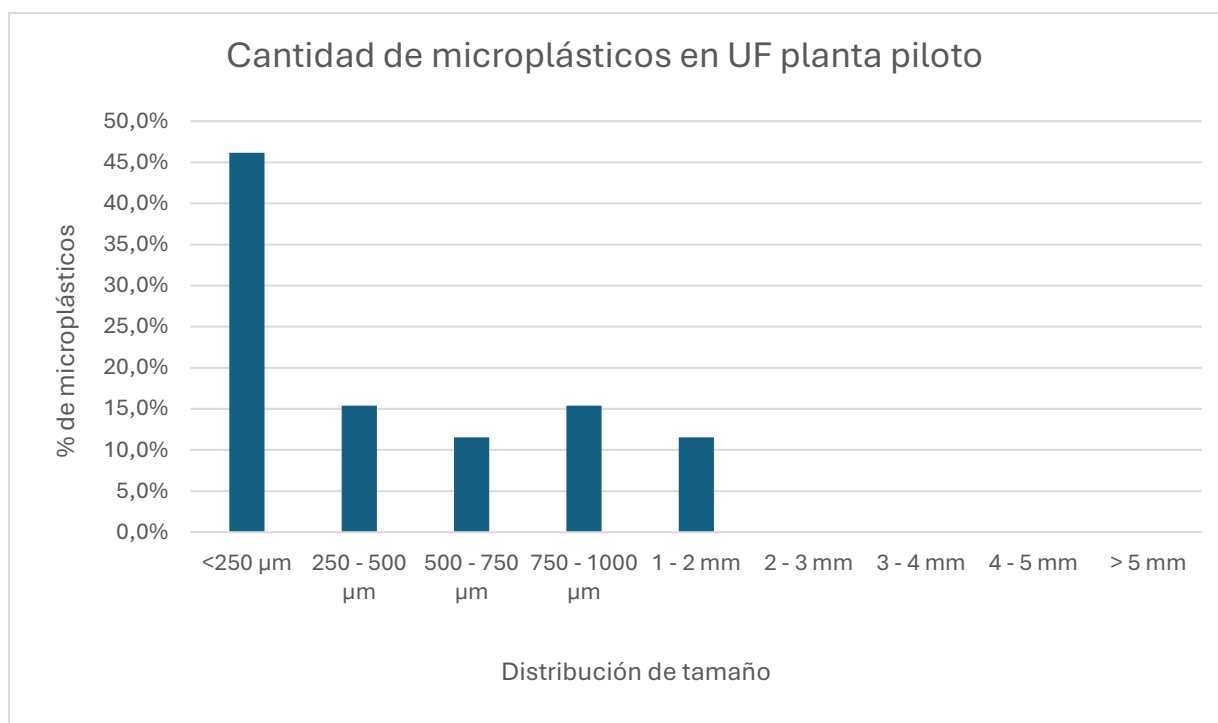


Figura 3: Cantidad de MPs por tamaño en la salida UF de la planta piloto

Se puede apreciar la disminución de las fibras menores de 250 μm y la eliminación de las fibras mayores de 2 mm a la salida de la Uf.

Eliminación de contaminantes mediante digestión anaerobia y biorremediación.

Se han continuado estudiando los métodos por digestión anaerobia, vermicompostaje en la eliminación de MPs en lodos provenientes de la industria textil.

En la DIGESTIÓN ANAEROBIA (proceso en el cual microorganismos descomponen el material biodegradable en ausencia de oxígeno), se han realizado dos pruebas, una con agua de descarga de lavadora y otra con lodos textiles. Estas pruebas se han realizado pruebas con el equipo respirómetro.



Imagen 1: Equipo respirómetro

En la prueba con agua de lavadora, se ha obtenido biogás con diferentes muestras de agua de descarga de lavados de tejidos celulósicos. La prueba se llevó a cabo durante 15 días. Una vez finalizada, el volumen total obtenido fue recogido y representado en gráficas. Estos resultados se muestran en los gráficos 1, y 2.

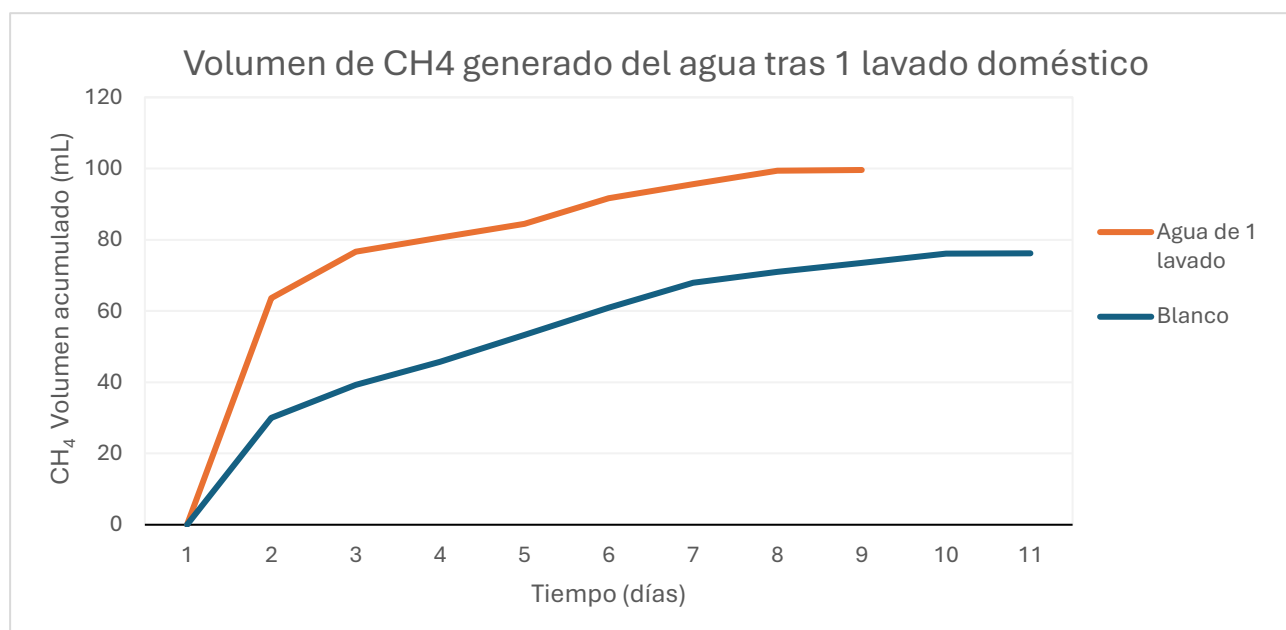


Gráfico 1: Volumen de metano acumulado a partir del agua de 1 lavado doméstico a lo largo de la duración del experimento.

Después de la realización del experimento se puede decir que es **posible generar metano** con este tipo de muestras, presuponiéndose que los MPs son eliminados.

En la segunda prueba también se pretendía demostrar si la digestión anaerobia de los microorganismos es capaz de disminuir el número de MPs presentes en los lodos de empresa textil, debido a que es habitual la presencia de estos compuestos por los materiales utilizados como fibras textiles de origen sintético que por su manejo y utilización pueden desprender este tipo de contaminante plástico. Todas las pruebas fueron realizadas según el Standard UNI/TS 11703:2018 “Método para la valoración de la producción potencial de metano por digestión anaerobia en condiciones húmedas-matriz en los alimentos”.

Hay que destacar que la presencia de una variedad de compuestos presentes en la industria textil puede inhibir el proceso de metanogénesis de la digestión anaerobia, siendo esta inhibición bastante frecuente en la industria textil

Los resultados obtenidos muestran que la muestra de lodo textil no es capaz de producir metano, el blanco genera más cantidad de metano que las muestras de lodo, por lo que da un resultado negativo (-23,15 mL). Esto puede ser debido a que la presencia de MPs y otras sustancias (tensioactivos, auxiliares de tintura, etc.) en los lodos inhibe el crecimiento microbiano de los microorganismos presentes en el inóculo que son los causantes de la generación de metano.

En cuanto a número de MPs, después de la obtención de los resultados de cuantificación de la muestra analizada se puede decir que la utilización de la digestión anaerobia no disminuye la concentración de MPs de las muestras. La concentración de MPs presentes en la muestra inicial de lodos mezclada con el inóculo es de 457 partículas/g mientras que en la muestra de lodo e inóculo después de realizar el ensayo de BMP la concentración de MPs es de 481 partículas/g. No existe una disminución de concentración entre la muestra inicial y la muestra tras el ensayo de BMP. La distribución de tamaño de los MPs tras la realización del ensayo de BMP ha cambiado ligeramente, disminuyendo alrededor de un 10% los MPs de mayor tamaño (<500µm) y aumentando la concentración de las partículas de menor tamaño. Esto sugiere que el ligero aumento en el número de partículas de la muestra después de la realización de la digestión anaerobia puede ser debido a una fragmentación del tamaño de los MPs.

En la prueba del VERMICOMPOSTAJE (proceso que emplea lombrices para madurar el compost), se ha continuado investigado como afecta el proceso de vermicompostaje), con relación a la degradación de los MPs presentes en lodos de depuradora procedentes de la industria textil, ampliando el estudio de 56 días hasta los 120 días



Imagen 2: Reactor control (izquierda) y reactor con lombrices (derecha) en el día 0 del experimento

En el estudio se utilizaron lodos provenientes de la industria textil residuales y lombrices de tierra para la realización del vermicompostaje.

Una vez analizados los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de lodos textiles a lo largo de los ensayos, se concluye que el MPs reduce la masa de lodos y lo transforma en un vermicompost estable desde el punto de vista microbiológico y con mejoras en sus propiedades físico- químicas, como el pH, la conductividad eléctrica, la relación C/N o el contenido de nutrientes. Estos cambios junto con el incremento de nitrógeno y otros nutrientes como consecuencia de la pérdida de materia orgánica y el consecuente efecto de concentración hacen del vermicompost final obtenido un producto maduro y estabilizado con grandes posibilidades como biofertilizante.

Con respecto a la eliminación de MPs, en las gráficas siguientes se puede observar la concentración de micropartículas (MPs/g) obtenidas a lo largo del proceso de Vermicompostaje una vez transcurridos 120 días.

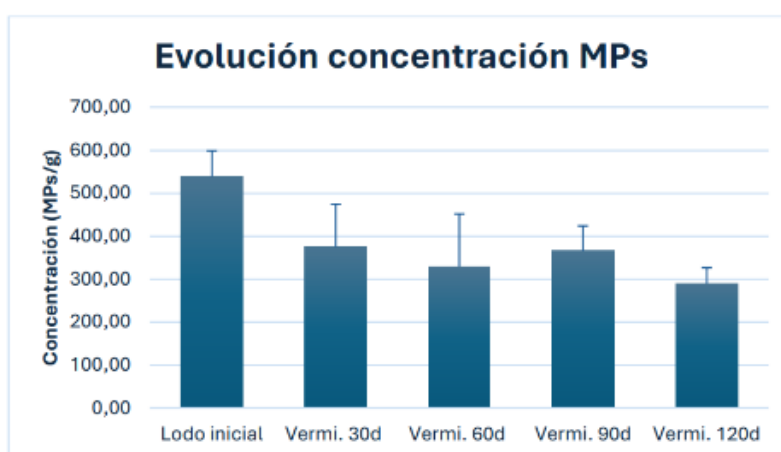


Gráfico 2: Evolución de la concentración de MPs

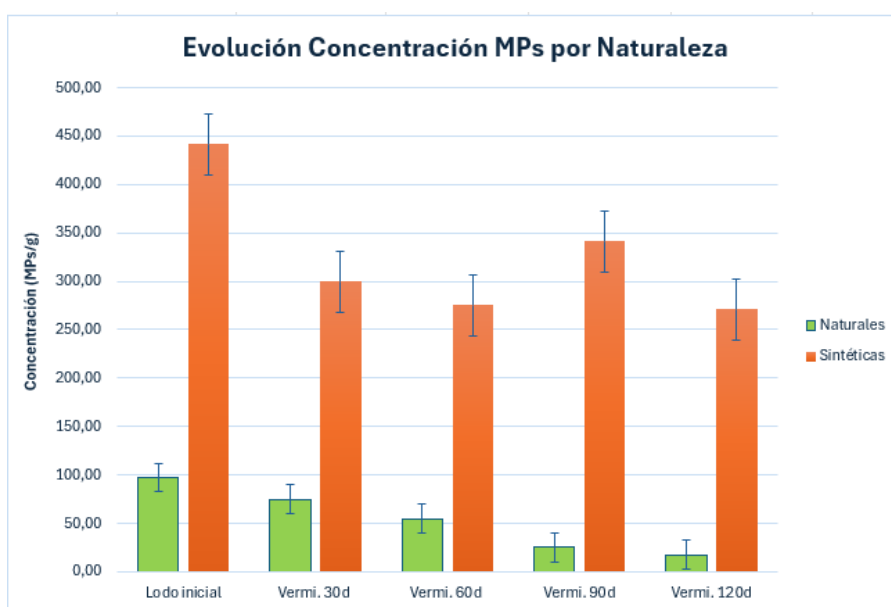


Gráfico 3: Evolución de la concentración de fibras por su naturaleza

La eliminación de los MPs a los 120 días es del 53%, en cuanto a la evolución en la concentración de fibras por su naturaleza, las fibras naturales tienen una tendencia muy clara a la degradación a lo largo del proceso (se pasa de 97 partículas/g en el lodo inicial a 17 partículas/g en el vermicompost a 120 días, lo que supone una reducción del 82% aproximadamente), mientras que en las fibras sintéticas se reduce un 39% aproximadamente.

En el gráfico 3 se observa que a los 90 días existe un aumento de MPs sintéticos, esto es debido a que el vermicompostaje en ese período fragmenta los MPs en partículas más pequeñas de ahí el aumento.

Este proceso debe estudiarse más detenidamente para comprobar la viabilidad y costes, siendo una posibilidad a la hora de eliminar MPs.

Gestión ciclo integral del agua en la industria.

En esta línea se ha investigado:

- La utilización de agua reutilizada de la planta EDAR para procesos de tintura.
- La pérdida de microfibras en tejidos de algodón y sintéticos a lo largo de 10 lavados con y sin detergente.

Tintura:

En esta línea se han conseguido realizar tinturas con agua reutilizada de depuradora, mezclándose con agua de red en diferentes proporciones (15% y 25% del agua reutilizada), sobre tejidos de algodón y poliéster.

Muestra	pH	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DQO ($\text{mg O}_2/\text{L}$)	Turbidez (UT)
100% agua de red	7,7	613	5	0,18
100% agua de salida planta	8,2	1073	17	0,4
85% agua de red + 15% agua planta	7,6	678	<5	0,26
75% agua de red + 25% agua planta	7,7	733	5,7	0,33

Tabla 2: Parámetros agua utilizada en la tintura

Para comparara la diferencia de color entre las tinturas se realizan las pruebas de colorimetría.

ΔE Valores	Interpretación
0-1	Desviación no visible
1-2	Desviación muy pequeña, apenas visible.
2-3,5	Desviación pequeña
3,5-5	Desviación notable
>5	Desviación significativa

Tabla 3: Valores de ΔE para la determinación de la desviación de color.

Tintura	% Agua	L*Promedio	a* Promedio	b* Promedio	ΔE^*
Tejido CO	100%	41,47	-6,75	-24,70	NA
	85%	41,62	-6,88	-24,62	0,21
	75%	42,14	-6,82	-24,71	0,67

Tabla 4: Colorante unitario sobre tejido de Algodón: Cálculo de ΔE^* para 15% y 25% agua de la depuradora respecto a la referencia.

Ambos valores ΔE^* obtenidos son <1 , lo que significa que no hay desviación visible entre el color de la referencia (100% agua de proceso) y el color de las muestras teñidas con 15% y 25% de agua de la EDAR.

Tintura	% Agua	L*Promedio	a* Promedio	b* Promedio	ΔE^*
Tejido CO	100%	27,48	-9,72	1,60	NA
	85%	27,07	-9,94	2,03	0,64
	75%	26,71	-9,76	1,95	0,85

Tabla 5: Tricromía sobre tejido de Algodón: Cálculo de ΔE^* para 15% y 25% agua de la depuradora respecto a la referencia.

Ambos valores ΔE^* obtenidos son <1 , lo que significa que no hay desviación visible entre el color de la referencia (100% agua de proceso) y el color de las muestras teñidas con 15% y 25% de agua de la EDAR.

Tintura	% Agua	L*Promedio	a* Promedio	b* Promedio	ΔE^*
Tejido CO	100%	59,52	-6,45	-27,19	NA
	85%	58,77	-6,75	-27,40	0,75
	75%	58,68	-6,73	-27,01	0,84

Tabla 6: Colorante unitario sobre tejido de poliéster: Cálculo de ΔE^* para 15% y 25% agua de la depuradora respecto a la referencia.

Ambos valores ΔE^* obtenidos son <1 , lo que significa que no hay desviación visible entre el color de la referencia (100% agua de proceso) y el color de las muestras teñidas con 15% y 25% de agua de la EDAR.

Tintura	% Agua	L*Promedio	a* Promedio	b* Promedio	ΔE^*
Tejido CO	100%	59,52	-6,45	-27,19	NA
	85%	58,77	-6,75	-27,40	0,75
	75%	58,68	-6,73	-27,01	0,84



Tabla 7: Colorante unitario sobre tejido de poliéster: Cálculo de ΔE^ para 15% y 25% agua de la depuradora respecto a la referencia.*

Ambos valores ΔE^* obtenidos son <1 , lo que significa que no hay desviación visible entre el color de la referencia (100% agua de proceso) y el color de las muestras teñidas con 15% y 25% de agua de la EDAR.

Tras las pruebas de colorimetría al comparar la muestra de agua de red con las muestras con el agua de depuradora, los resultados en todas las tinturas han sido <1 , lo que significa que la desviación de color no es apreciable. Los resultados de las solidez al lavado han sido las mismas, por tanto, se concluye que el agua proveniente de la depuradora sería óptima para reutilizarla en procesos de tintura.



6. Colaboradores externos e impacto empresarial

Para la correcta consecución del proyecto se ha contado con las colaboraciones de los Servicios Externos:

- Universidad de Vigo: Se ha contado con la participación de la Universidad de Vigo en el proyecto como servicio externo en el proceso de Vermicompostaje, encargándose del crecimiento y seguimiento de las lombrices a lo largo de la duración del proyecto, así como para la caracterización de los lodos para comprobar su posibilidad como biofertilizante.
- Insoagra: Es una Spin-off de la Universidad de Granada, la función dentro del proyecto ha sido el análisis y cuantificación de los MPs de los lodos durante la duración del proyecto.

Dentro del sector empresarial se ha contado con diversas empresas del sector textil para la instalación de la planta piloto, y la obtención de muestras de aguas y lodos.

El impacto empresarial en este proyecto se cuantifica en el interés de empresas del sector interesadas en el proyecto, las cuales se han materializado en propuestas para proyectos de AVI (Agencia Valenciana de Innovación), Misiones CDTI e IVACE PIDCOP-CV