



aitex®
textile research institute

E-µplast

SOLUCIONES
AMBIENTALES





Contenido

1. Ficha técnica del proyecto	3
2. Antecedentes y motivaciones	4
3. Objetivos del proyecto	5
4. Plan de trabajo	6
5. Resultados obtenidos	7
6. Impacto empresarial	20



1. Ficha técnica del proyecto

Nº EXPEDIENTE	IMAMCA/2023/6
TÍTULO COMPLETO	E- μplast. Soluciones Ambientales
PROGRAMA	Plan de Actividades de Carácter no Económico 2023
ANUALIDAD	2023
PARTICIPANTES	(SI PROCEDE)
COORDINADOR	(SI PROCEDE)
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL www.ivace.es
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870



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



2. Antecedentes y motivaciones

La presencia de microplásticos (MPS) en el medio ambiente es una problemática que produce gran preocupación por su capacidad de incidir también sobre la salud de las personas y los ecosistemas en general.

Las emisiones de MPs se producen tanto durante el proceso productivo textil, como durante la vida útil de los productos terminados, a través de los procesos de lavado y secado de los mismos. Los sistemas de depuración de las aguas residuales industriales y domésticas retienen buena parte de estos MPs en los lodos (aproximadamente un 80 %), pero otra parte escapan, llegando a los ríos y finalmente a los mares, depositándose en los ecosistemas naturales.

Desde la UE se ha promovido el uso de lodos de depuradora como solución de abono sostenible con el fin de aprovechar dicho recurso. Sin embargo, en sus orígenes, directivas de 1999 al 2009, no se conocía mucho sobre el contenido de MPs en lodos. Aunque ahora se tiene más información sobre este hecho, todavía no existe una legislación europea que limite su presencia en lodos, pues hasta la fecha no se tiene información sobre el daño real que estos contaminantes pueden causar en los cultivos.

Es por ello, que se pretende en el nuevo proyecto E- μ plast, abordar la problemática de los MPs textiles mediante la aplicación de soluciones innovadoras en toda la cadena de producción. Unas innovaciones que deberán ser adaptadas a la casuística de cada una de las empresas y que ayudarán al sector a incrementar su sostenibilidad y competitividad frente a otros mercados; permitiendo la revalorización de sus residuos dentro de la economía circular que toda empresa debería priorizar.



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 especial 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:

- Eliminación de microplásticos mediante digestión anaerobia y biorremediación.
- Validación de los sistemas de captura de microplásticos presentes en el mercado durante el proceso de lavado doméstico.
- Gestión ciclo integral del agua en la industria.

Los resultados esperados del proyecto se dividen en 4 grandes grupos:

- Eliminación de los microplásticos en los lodos mediante 2 tipos de tecnologías: digestión anaerobia y vermicompostaje.
- Selección de la tecnología óptima para el lavado de prendas de ropa minimizando la emisión de microplásticos.
- Viabilidad del reciclaje del agua proveniente de depuradoras.
- Alternativas más eficaces, económicas y con bajo carácter contaminante a los materiales que se están utilizando actualmente para la retención de contaminantes, entre ellos: polifenoles y bis(2-etilhexil) ftalato.



4. Plan de trabajo

El cronograma del proyecto ha sido el siguiente:

PAQUETES DE TRABAJO E-μplast	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PT 0. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
A0.1. Gestión y seguimiento												
PT 1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN												
A1.1. Preparación de la propuesta técnico-económica												
A1.2. Definición de los recursos necesarios												
A1.3. Definición del plan de comunicación												
A1.4. Definición de los ensayos a realizar												
A1.5. Definición y planificación del plan de transferencia de conocimiento/tecnología y explotación de resultados												
PT 2. EJECUCIÓN TÉCNICA												
A2.1 Estado del arte/Viabilidad técnica/IPR												
A2.2 Experimental-												
A2.3. Caracterización												
A2.4. Análisis y reingeniería												
A2.5. Coordinación técnica y validación												
PT 3. DIAGNÓSTICO DE MERCADO, TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN												
A3.1 Diagnóstico de mercado y transferencia												
A3.2. Comunicación y Difusión de Resultados												
A3.3. Prototipado												
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.
 - ACTIVIDAD 2.2.1 Experimental Línea 1. Eliminación de microplásticos mediante digestión anaerobia y biorremediación.
 - ACTIVIDAD 2.2.2 Experimental Línea 2. Validación de los sistemas de captura de microplásticos presentes en el mercado durante el proceso de lavado doméstico.
 - ACTIVIDAD 2.2.2 Experimental Línea 3. Gestión integral del agua en la industria.

- PT3. MERCADO Y VIABILIDAD INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, TRANSFERENCIA E IMPACTO

- PT4. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS
 - ACTIVIDAD 4.2.1 Informe de recopilación, análisis de los resultados hasta la fecha y difusión ejecutada.
 - ACTIVIDAD 4.2.2 recopilación y análisis de los resultados y resumen de las conclusiones alcanzadas durante el desarrollo del proyecto.



5. Resultados obtenidos

En la línea 1, Eliminación de microplásticos mediante digestión anaerobia y biorremediación;

En esta línea se ha investigado como afecta el proceso de vermicompostaje con relación a la degradación de los microplásticos presentes en lodos de depuradora procedentes de la industria textil.

El vermicompostaje es un proceso que permite biodegradar residuos orgánicos bajo condiciones aerobias y mesófilas por la acción de lombrices y microorganismos, obteniendo un producto final estabilizado. Las interacciones entre las lombrices y los microorganismos podrían tener un impacto significativo en la degradación de microplásticos y en la transformación de sus propiedades.

Los lodos retienen y acumulan la mayoría de los contaminantes inéditos en los tratamientos de las plantas de aguas residuales, y si estos lodos se usan como fertilizantes en el sector agrícola tienen el problema de que pueden causar una bioacumulación en los alimentos pudiendo causar un problema para la salud pública.

Se ha realizado una evaluación de la viabilidad del vermicompostaje con los lodos de la industria textil para observar su viabilidad y eficacia. Para el estudio se utilizaron lodos residuales proporcionados por Aitex y lombrices de tierra de la especie *Eisenia andrei* (su dieta son lodos de depuración de aguas residuales urbanas) para la realización del vermicompostaje.



Imagen 1: Lodos provenientes de la industria textil

Se realizó también un análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las muestras de lodos textiles a lo largo de los ensayos en un momento inicial y con el reactor con y sin lombrices para observar si había algún tipo de variación en estos parámetros al utilizar el vermicompostaje.

Tras el estudio inicial de las características físico-químicas y biológicas del fango textil, se puede decir que el vermicompostaje es viable debido al crecimiento de la población de lombrices en los lodos textiles, demostrando así la no toxicidad de estos residuos para esta especie de lombriz, confirmando el aporte de energía necesaria para su crecimiento y reproducción.



Imagen 2: Lombrices *Eisenia andrei*

En la tabla 1 se puede observar el balance de las masas de los fangos al utilizar el vermicompostaje. La masa de los fangos tras el proceso de vermicompostaje durante 56 días ha disminuido debido a la actividad de las lombrices.

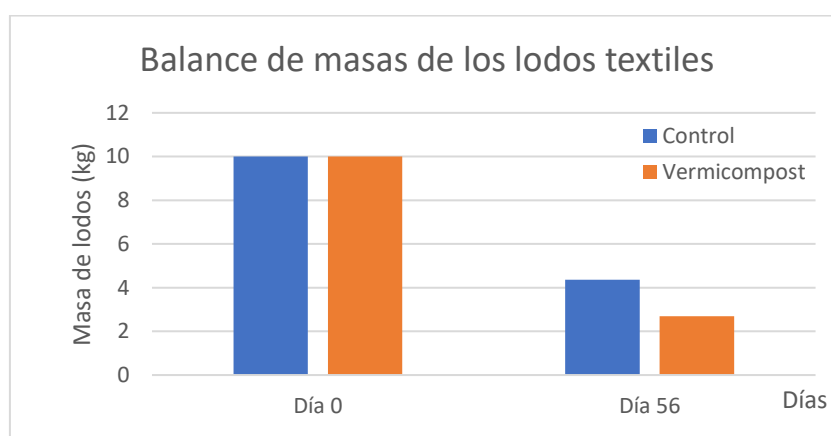


Tabla 1: Balance de masa de los lodos textiles

Con el mismo lodo utilizado para la realización del ensayo de toxicidad del vermicompostaje se realizó una prueba de eliminación de microplásticos mediante el vermicompostaje. Se trató la muestra original y la tratada con un proceso de digestión húmeda para eliminar la materia orgánica, con un posterior recuento de los microplásticos y una caracterización para la comparación de los resultados obtenidos. Se redujo también la cantidad de fibras naturales en un 80% con respecto al control, ya que este tipo de fibras son más susceptibles a sufrir degradación por los organismos del vermicompostaje.

Tras la realización de todo el procedimiento experimental los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Con el análisis de los resultados obtenidos se puede concluir que la concentración de los microplásticos en el lodo ha aumentado debido a los procesos naturales de degradación con el vermicompostaje durante 56 días, que ha fragmentado los microplásticos a partículas de menor tamaño.



Imagen 3: Lodo crudo –Vermicompost del lodo realizado con lombrices durante 56 días.

Muestra	Lodo crudo	Vermicompost después de 60 días
Concentración total (partículas/kg)	4.882,65	40.624,63
% fibras naturales	11,36%	2,83%
% fibras sintéticas	88,64%	97,17%

Tabla 2 Resultados de concentración de microplásticos en lodos de depuradora

Se puede decir que el vermicompostaje no tiene un efecto significativo en la degradación de microplásticos sobre las fibras sintéticas, en cambio es capaz de degradar un 80% de las fibras naturales del lodo respecto al control.

Por otro lado se puede concluir la viabilidad del vermicompostaje del lodo textil a escala piloto, con una dinámica poblacional de lombrices positiva, en la que se verifica la no toxicidad de los lodos para las lombrices, y se confirma el aporte de energía necesaria para garantizar el crecimiento y la reproducción. El vermicompostaje 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.

En la línea 2, Validación de los sistemas de captura de microplásticos presentes en el mercado durante el proceso de lavado doméstico;

En esta línea se ha investigado como el número de lavados afecta a la pérdida de fibras en prendas, (polar de poliéster y camiseta de algodón) tras 10 ciclos de lavado y con diferentes productos-sistemas presentes actualmente en el mercado para atrapar las microfibras y cuantificar cual es el efecto de reducción de descarga en el agua, realizando también una comparación de 5 lavados en prendas de algodón de diferente color con estos sistemas.

Para realizar las pruebas se ha ensayado las prendas solo con agua - jabón especial para eliminar la descarga - jabón de Marsella - bola atrapa fibras - bolsa atrapa fibras - filtro atrapa fibras.



Polares Poliéster:

En primer lugar, se analiza el porcentaje de pérdida del tejido, esto es, el peso en gramos retenido en el filtro debido a microfibras y colorantes u otros productos de acabado, con respecto del peso total inicial de muestra. Tabla 3.

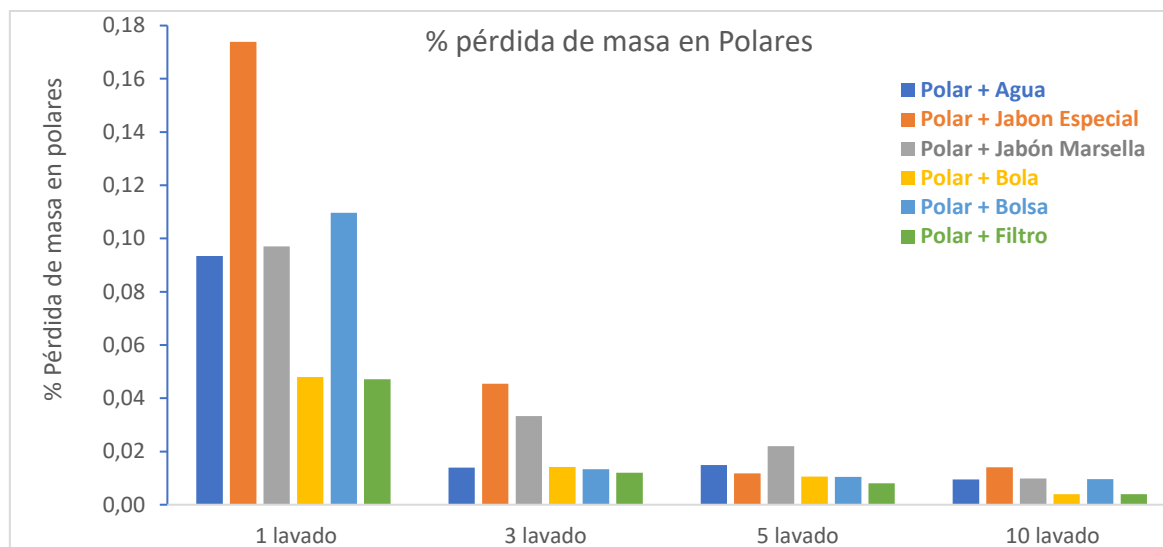


Tabla 3: % Pérdida de masa en tejido de Poliéster por ciclos de lavado

Los resultados de las pruebas indican que las prendas de poliéster descargan menos fibras conforme se realizan los lavados a las prendas. Cabe destacar como se observa en la tabla 3 que el jabón especial es el método que provoca más descarga de fibras en el agua.

En la tabla 4 se representa la emisión de microfibras respecto de 1 kg de tejido y obtenido en 1 litro de agua de lavado (g/l/kg tejido).

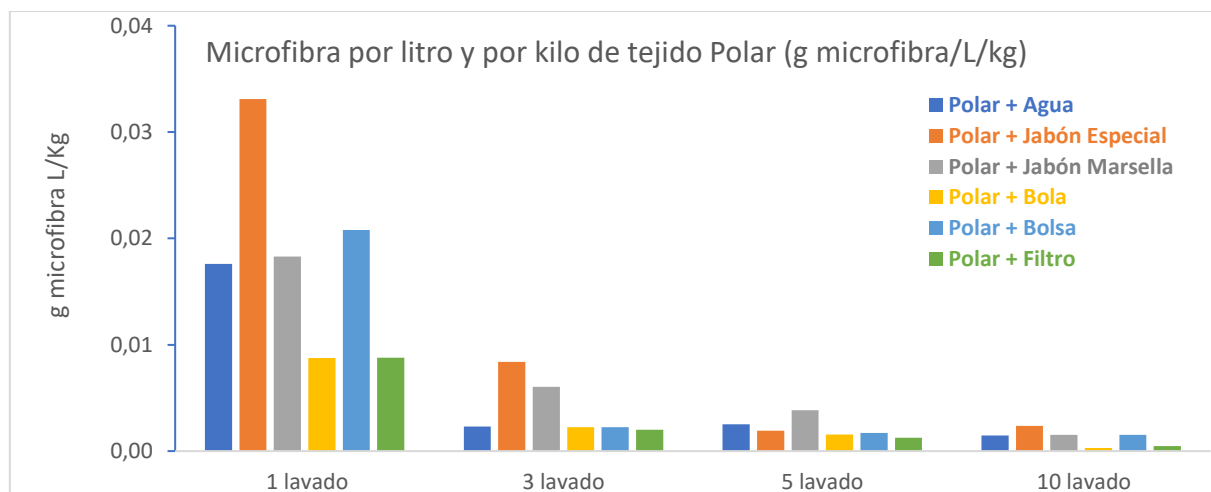


Tabla 4 Microfibra por litro y por kilo de tejido de Poliéster (g microfibra/L/kg) por ciclos de lavado

Como se puede observar en la tabla 4, en los tejidos de poliéster los jabones aumentan la descarga en los lavados iniciales debido a la eliminación de productos utilizados en la fabricación de las prendas como pueden ser suavizantes o productos de acabado.



Camisetas Algodón

Se analiza el porcentaje de pérdida del tejido, esto es, el peso en gramos retenido en el filtro debido a microfibras y colorantes u otros productos de acabado, con respecto del peso total inicial de muestra. Tabla 5.

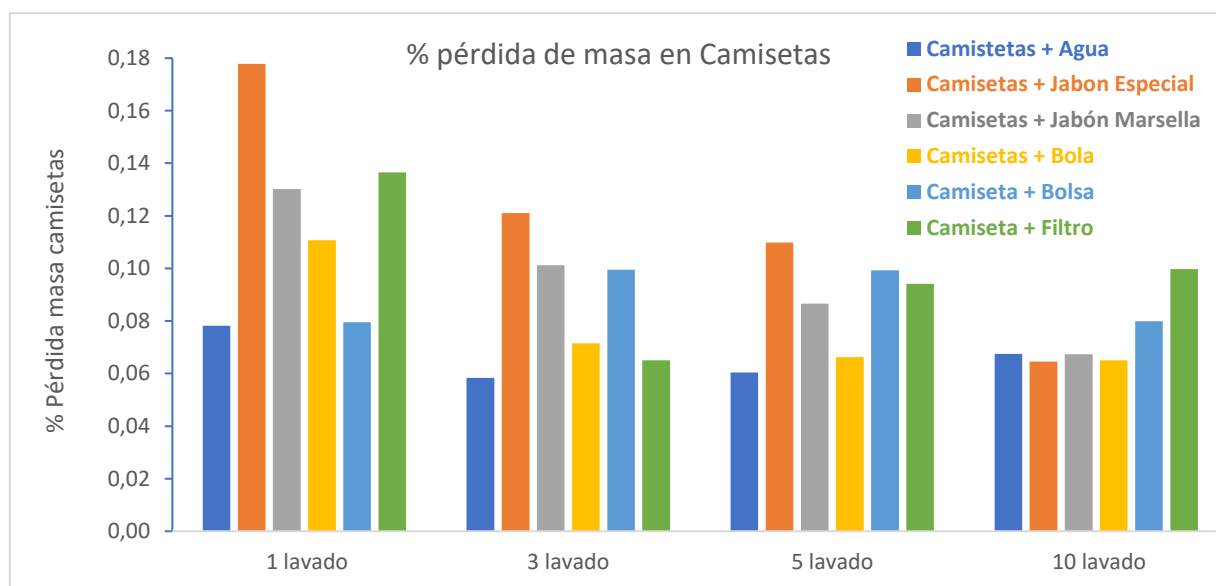


Tabla 5: % Pérdida de masa en tejido de Algodón por ciclos de lavado

En la tabla 6 se representa la emisión de microfibras respecto de 1 kg de tejido y obtenido en 1 litro de agua de lavado (g/l/kg tejido).

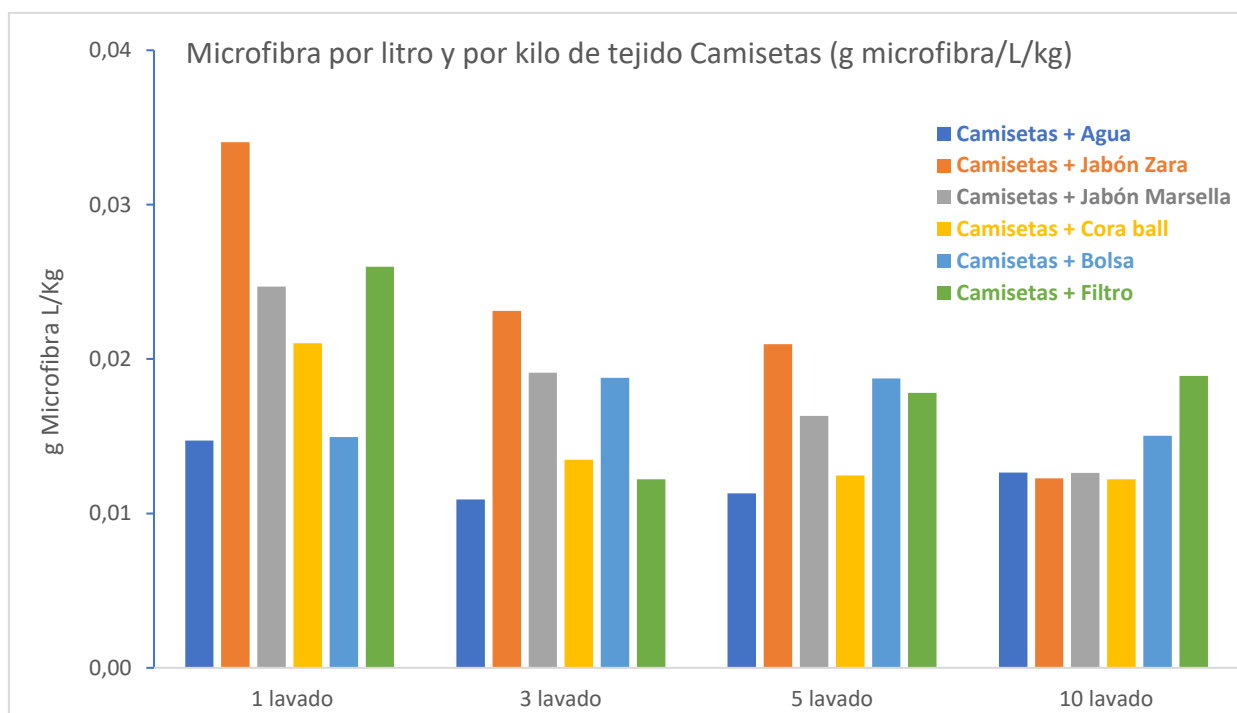


Tabla 6: Microfibra por litro y por kilo de tejido de Algodón (g microfibras/L/kg) por ciclos de lavado

En el caso de las camisetas de algodón se observa en la tabla 6 que en el primer lavado la descarga es mayor, pero en los siguientes lavados la descarga continúa de manera constante, esto se debe a que las camisetas de algodón se fabrican con hilos de fibra corta y siempre se produce descarga, al contrario que sucede con las prendas de poliéster que se fabrican con filamento continuo.



Con respecto a los diferentes sistemas de atrapa fibras en los tejidos de algodón son poco efectivos, también debido a la fibra corta, estas fibras al ser de menor tamaño no se consiguen atrapar, incluso debido al frotamiento en alguno de los métodos utilizados (Bola o bolsa) acaban desprendiendo más fibras. En el caso de los jabones sucede lo mismo que en el poliéster, ya que los jabones también eliminan parte de los productos utilizados en la propia fabricación de las prendas.

Dentro de esta línea de trabajo se ha realizado una comparación entre camisetas de algodón de color negro y de color blanco para estudiar si el color afecta en la descarga de microfibras tras 5 lavados con los mismos sistemas utilizados en las pruebas anteriores.

Camisetas algodón negra:

En primer lugar, se analiza el porcentaje de pérdida del tejido, esto es, el peso en gramos retenido en el filtro debido a microfibras y colorantes u otros productos de acabado, con respecto del peso total inicial de muestra. Tabla7.

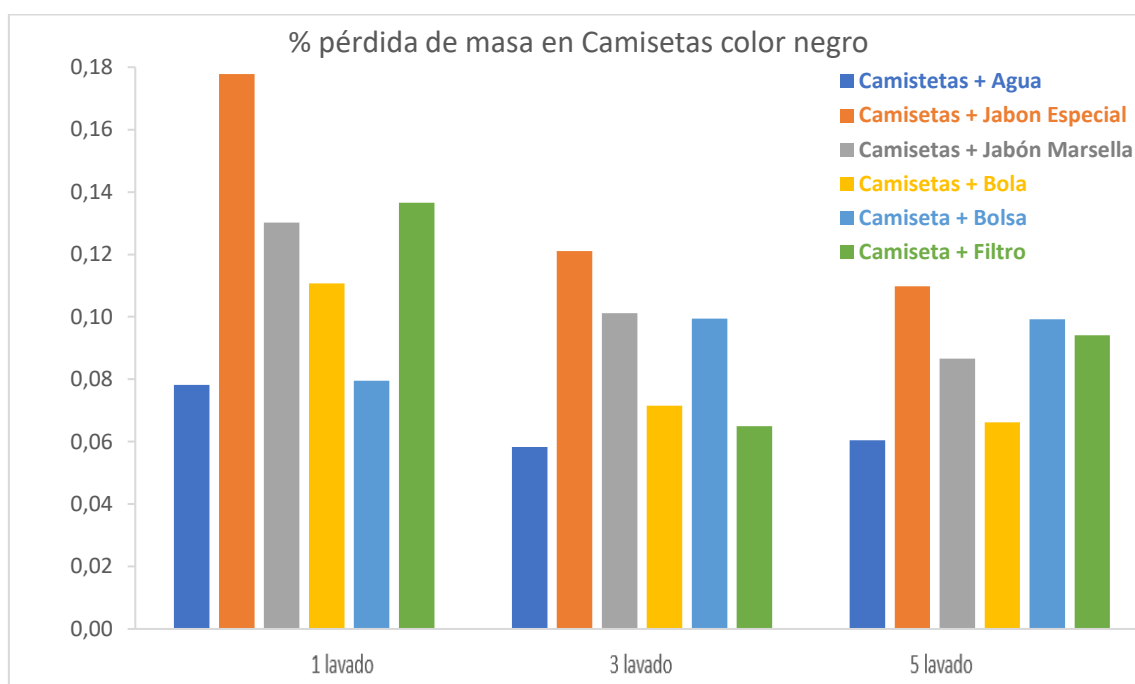


Tabla 7: % Pérdida de masa en camisetas negras por ciclos de lavado



En la tabla 8 se ha representado también la emisión de microfibras respecto de 1 kg de tejido y obtenido en 1 litro de agua de lavado (g/l/kg tejido).

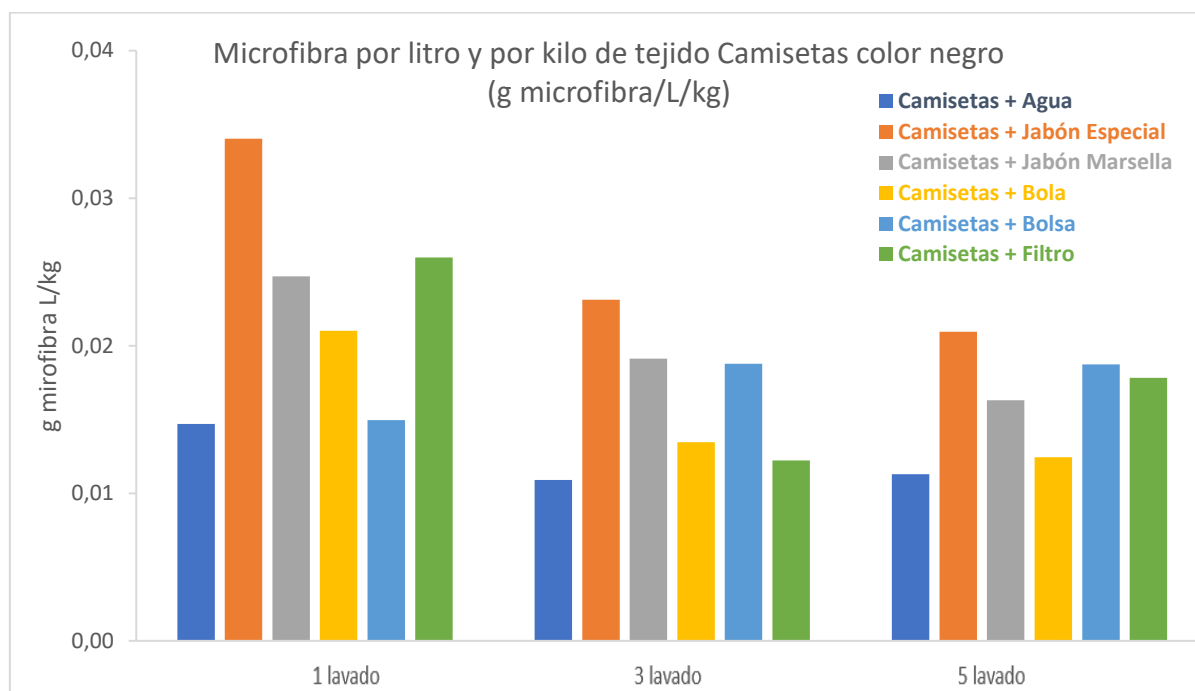


Tabla 8: Microfibra por litro y por kilo de camiseta negras (g microfibras/L/kg) por ciclos de lavado

Las conclusiones que pueden extraerse después de las pruebas de lavado de las **camisetas negras** son las siguientes:

- De todas las pruebas realizadas sobre el tejido de camiseta de algodón se observa que el método de Coraball es el más efectivo a la hora de evitar la descarga de estas en el medio ambiente, en los diferentes lavados de la prenda. Como se puede observar la descarga de microfibras en los tejidos de algodón es constante, sin embargo, cabe destacar que este tipo de microfibras son biodegradables, lo que supone un mal menor. También se puede observar que el uso de jabón tanto Marsella como el jabón especial permiten mayor descarga de microfibras, por lo que se deduce que este tipo de jabones afectan de manera significativa a la eliminación al mismo tiempo de las microfibras presentes en el tejido como en los posibles residuos de las operaciones de tinte y acabado.



Camisetas algodón blanca:

En primer lugar, se vuelve analizar el porcentaje de pérdida del tejido, esto es, el peso en gramos retenido en el filtro debido a microfibras y colorantes u otros productos de acabado, con respecto del peso total inicial de muestra. Tabla 9.

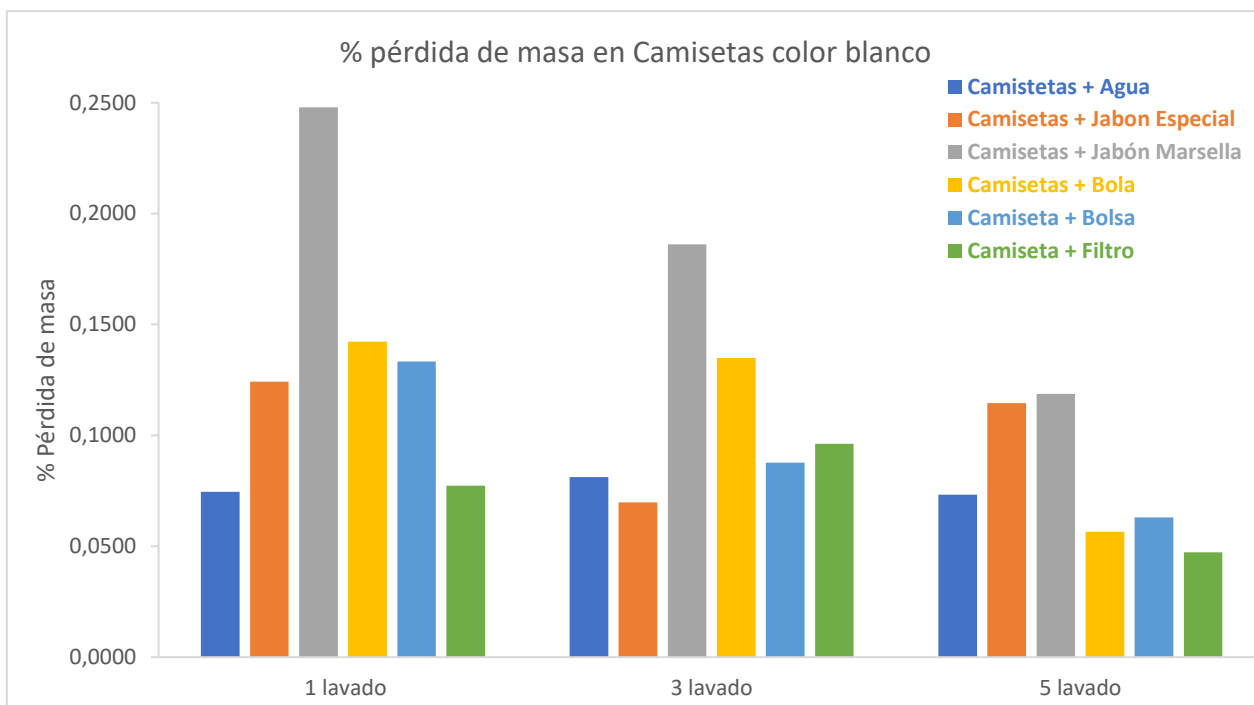


Tabla 9: % Pérdida de masa en camisetas blancas por ciclos de lavado

En la tabla 10 se ha representado también la emisión de microfibras respecto de 1 kg de tejido y obtenido en 1 litro de agua de lavado (g/l/kg tejido).

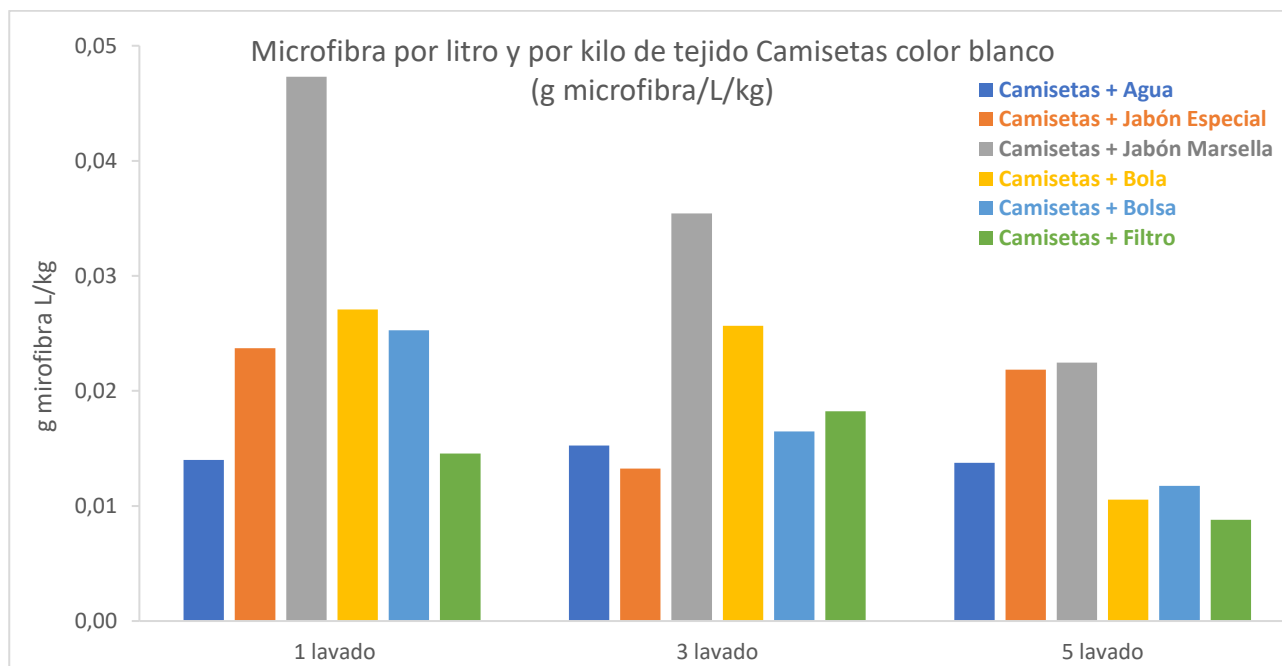


Tabla 10: Microfibra por litro y por kilo de camiseta negras (g microfibra/L/kg) por ciclos de lavado



Las conclusiones que pueden extraerse después de las pruebas de lavado de las **camisetas blancas** son las siguientes:

- De todas las pruebas realizadas sobre el tejido de camiseta de algodón se observa que el método de Filtro es el más efectivo a la hora de evitar la descarga de estas en el medio ambiente, en los diferentes lavados de la prenda. Como se puede observar la descarga de microfibras en los tejidos de algodón es constante, sin embargo, cabe destacar que este tipo de microfibras son biodegradables, lo que supone un mal menor. También se puede observar que el uso de jabón tanto Marsella como el jabón especial permiten mayor descarga de microfibras, por lo que se deduce que este tipo de jabones afectan de manera significativa a la eliminación al mismo tiempo de las microfibras presentes en el tejido como en los posibles residuos de las operaciones de acabado.

Comparaciones entre camisetas y procesos de lavado

Se realiza una comparación por % de pérdida de masa entre las camisetas para cuantificar cual es el menor método para evitar la descarga de microfibras y cómo influye el color en la descarga. Tablas 11 – 12.

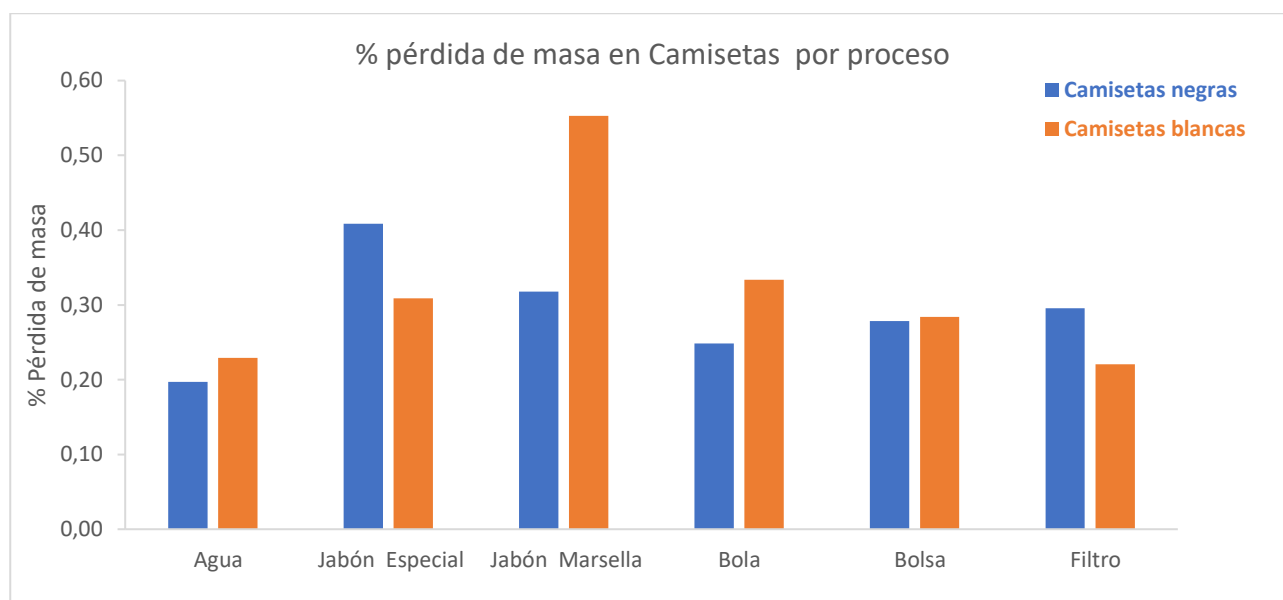


Tabla 11: % Pérdida de masa en camisetas de algodón por ciclos de lavado completos

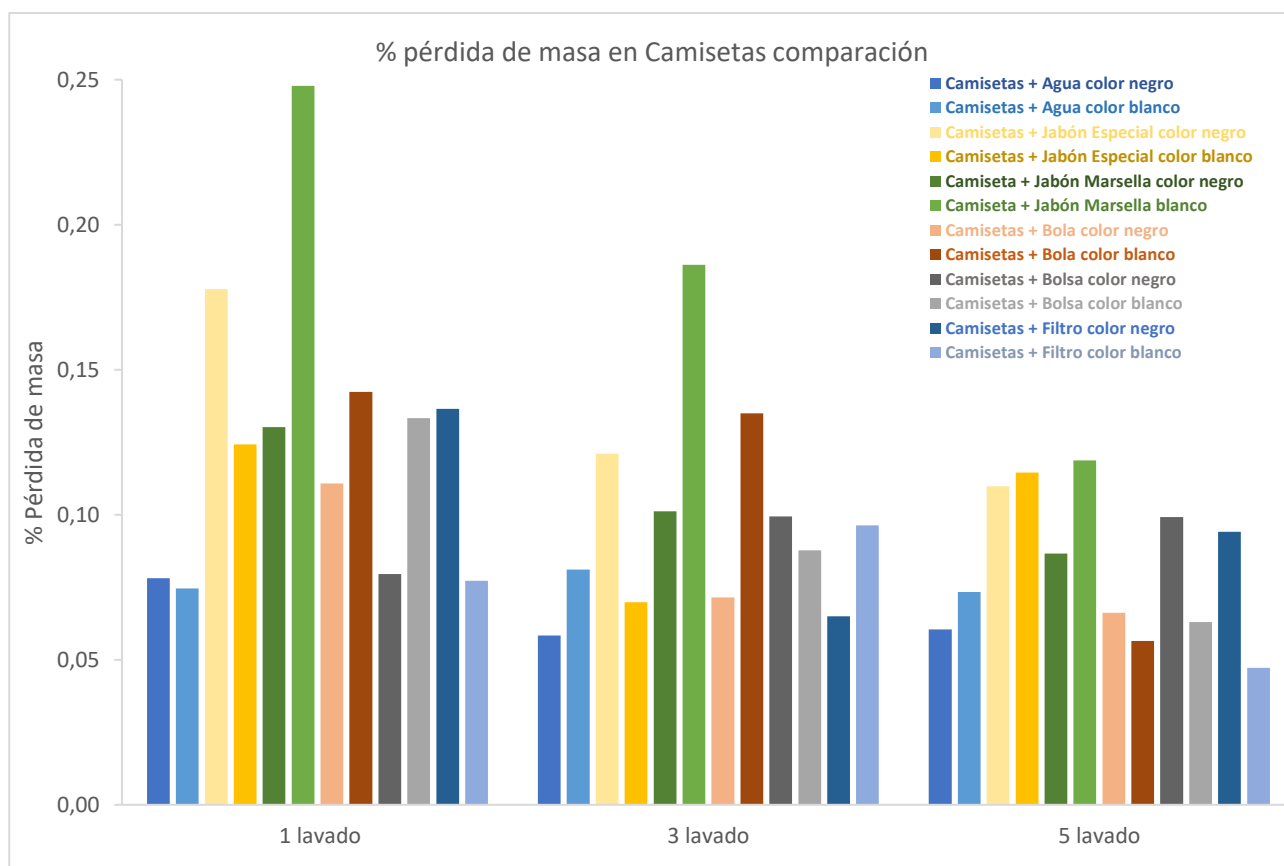


Tabla 12: % Pérdida de masa en camisetas de algodón por ciclos de lavado.

Se realiza también la comparación de emisión de microfibras respecto de 1 kg de tejido y obtenido en 1 litro de agua de lavado (g/l/kg tejido), tanto por proceso como por color. Tablas 13 – 14.

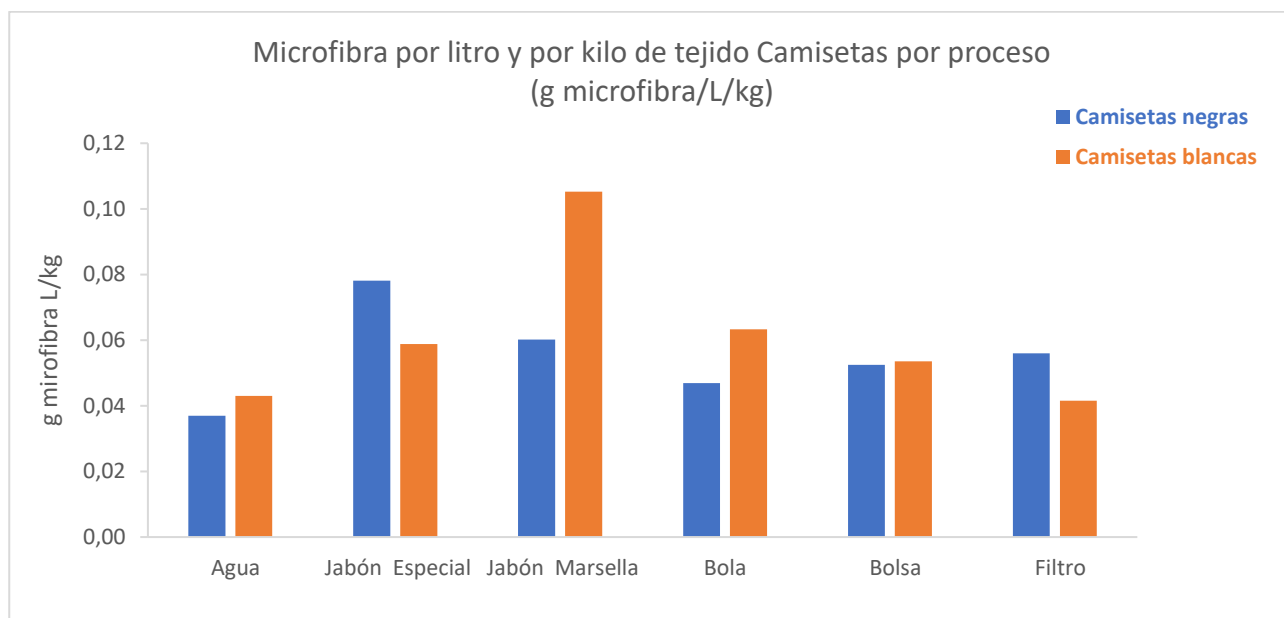


Tabla 13: Comparación microfibra por litro y por kilo de camiseta por ciclos de lavado completo (g microfibra/L/kg).

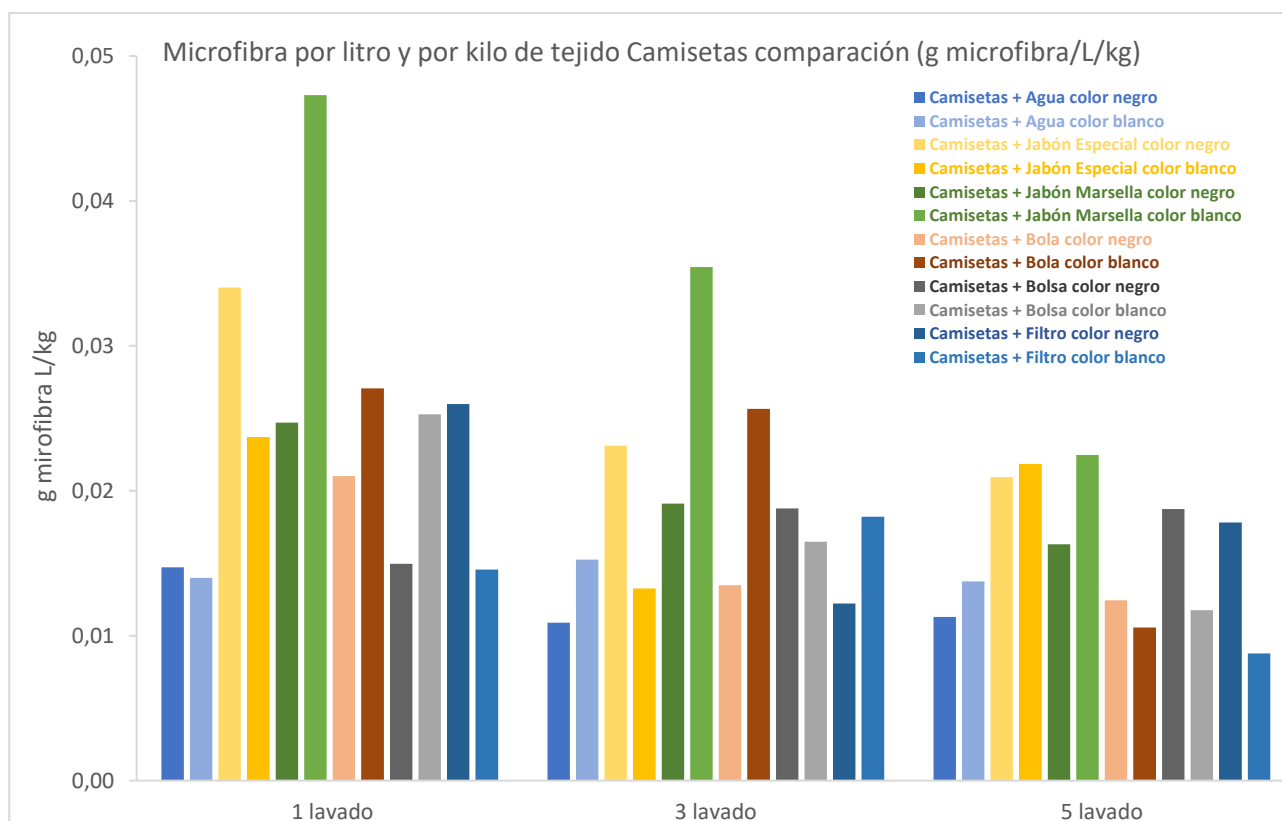


Tabla 14: Comparación microfibras por litro y por kilo de camiseta por ciclos de lavado (g microfibras/L/kg)

Se puede concluir después de comparar 5 lavados con los diferentes procesos y diferentes camisetas de algodón, en este caso negras y blancas lo siguiente:

- Las camisetas de color blanco tienden a descargar más microfibras en el medio ambiente que las camisetas de color negro. (52.5% - 47.5%), esto sucede porque en las operaciones de tintura y acabado de las fibras de las camisetas negras quedan más compactadas por tener un proceso de fijado de color, y también porque después de la tintura se realiza un lavado posterior en el cual también se eliminan fibras.
- Tras las pruebas realizadas se puede observar que el método más afectivo para ambos tipos de camiseta es el filtro.



Línea 3: Gestión integral del agua.

En esta línea se han realizado diferentes pruebas de tintura con colorantes naturales mordentados con agua procedente de salmuera en diferentes proporciones (10%, 50% y 100%) comparándolos con tejidos mordentados con alumbre.

Muestra 1 Colorante Leafy green con diferentes mordentados:

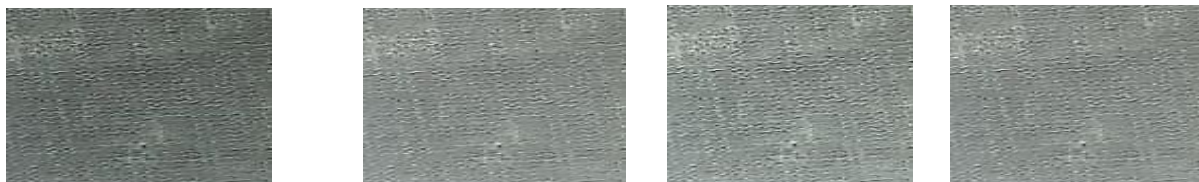


Imagen 4: Mordentado con Alumbre Mordentado 100% Salmuera Mordentado 50% Salmuera Mordentado 10% Salmuera

Muestra 2 Colorante Granada con diferentes mordentados:



Imagen 5: Mordentado con Alumbre Mordentado 100% Salmuera Mordentado 50% Salmuera Mordentado 10% Salmuera

Muestra 3 Colorante Rubia con diferentes mordentados:



Imagen 6: Mordentado con Alumbre Mordentado 100% Salmuera Mordentado 50% Salmuera Mordentado 10% Salmuera

En los resultados de las diferentes pruebas de tintura con colorantes naturales y con el mordentado de salmuera se puede observar:

- En el color verde (Leafy green), la salmuera se puede utilizar como mordiente aunque el color varía un poco con respecto al mordentado tradicional, mantiene unas buenas solideces al lavado y a la luz, la cual incluso aumenta con el uso de la salmuera.
- En el color beige (Granada), la salmuera se puede utilizar como mordiente el color apenas varía con respecto al mordentado tradicional, mantiene unas buenas solideces al lavado y a la luz con ambos mordientes.
- En el color rojo (Rubia), la salmuera no se podría utilizar como mordiente porque el color sufre demasiada variación con respecto al mordentado tradicional, dando un tono más claro y suave, con respecto a las pruebas de solideces, sufre demasiada degradación al lavado y se pierde mucha intensidad, con respecto a la luz, las solideces obtenidas tienen unos buenos valores.

La salmuera en el caso de los colorantes naturales podría utilizarse como mordiente en diferentes concentraciones, siempre dependiendo del colorante natural utilizado y su proveniencia ya sea hojas, frutos, raíces etc....ya que podría variar el tono original del colorante, lo mismo sucede con las solideces al lavado y a la luz, ya que cada colorante se comporta de una manera diferente, aunque los resultados obtenidos



parcialmente nos indican que las variaciones son muy pocas y en algunos casos sí que podría utilizarse sin ningún problema.

Dentro de esta línea también se ha estudiado la viabilidad del reciclaje del agua procedente de depuradoras industriales en diferentes procesos productivos, y el estudio de procesos de adsorción para la retención de contaminantes como los polifenoles, para su posterior reutilización, para la implementación de la economía circular en las empresas.

Se realizó un estudio de procesos de adsorción de contaminantes, que tiene como objetivo la revalorización de los residuos de la industria de la aceituna para la implantación de la economía circular en las empresas.

Para esto es necesario tratar la salmuera de las aceitunas, ya que es considerada como un residuo peligroso debido a su alta cantidad en compuestos fenólicos y a su acidez, haciendo complicada su gestión.

Para la eliminación de los compuestos fenólicos de la salmuera se ha utilizado carbón activado. El carbón activado es el adsorbente más importante a nivel de ingeniería utilizado en el tratamiento de aguas. La superficie del carbón activado se caracteriza por un tamaño de poro definido que determina su capacidad de adsorción.

Con la finalidad de estudiar la eliminación de polifenoles de efluentes residuales de salmuera mediante el empleo de carbón activo se realizaron equilibrios y cinéticas de adsorción. Para la realización de estos ensayos primero se dejaron decantar las muestras de salmuera con posterior filtración para eliminar el poso y algunos compuestos presentes.

A partir de la información que se obtiene de los datos de equilibrio de adsorción se puede establecer las características del adsorbente. El ensayo de equilibrio se realizó mediante la preparación de diversas muestras con diferentes concentraciones de carbón activo. Sobre las muestras resultantes se determinó la concentración de polifenoles, información que sirvió para el diseño de diferentes cinéticas de adsorción en las que se estudió la adsorción del carbón activo variando los siguientes parámetros:

- Velocidad de agitación
- Concentración de carbón activo
- Tiempo

Tras la realización de estos ensayos y posterior caracterización de polifenoles se obtuvo las condiciones óptimas (concentración, tiempo, velocidad de agitación) necesarias para diseñar el escalado industrial con una columna de adsorción de carbón activo.

Experimentalmente se concluyó la posibilidad de reducir la cantidad de polifenoles de salmuera residual en un 80% mediante la adsorción con carbón activo. Así mismo, desde el punto de vista matemático se estudió el modelo que permitiría la reducción completa de polifenoles.



6. Impacto empresarial

En la línea 1 se ha validado la prueba de concepto de la degradación de microplásticos provenientes del lodo de las EDAR de las empresas textiles, y la utilización del lodo para su aplicación en la industria agraria. El impacto empresarial en este proyecto se cuantifica el interés de empresas del sector interesadas en la reutilización de sus lodos como es INTERFABRICS y J Moltó.

En la línea 2 se han validado diferentes métodos – sistemas de atrapamiento de microfibras, pudiendo establecer según el tipo de tejido cual sería el más recomendable. Este tipo de sistemas podrían interesar a empresas de lavandería.

En la línea 3, los resultados obtenidos confirman que la salmuera proveniente de la industria alimentaria podría re-utilizarse en los procesos de mordentado en la tintura con colorantes naturales, así como la eliminación de polifenoles dentro de la industria alimentaria. Este conocimiento adquirido se utilizará en el futuro para mejorar la competitividad de las empresas del sector, debido al valor añadido y beneficios que pueden aportar, desde el punto de vista económico y sostenibilidad. En esta línea han presentado interés empresas como Cándido Miró dentro del proyecto “Carbón+”, Ondytec y Estampados Prato dentro del proyecto Biotint, Pascual y Bernabeu y J Moltó en el proyecto Regenera´m.