

WP2 – Rincón del Formador

Tarea 2.1 - Estado del arte sobre la liberación de microplásticos y microfibras de los productos textiles al agua



Organización solicitante: Universitat Politècnica de València (UPV) - España

Socios:

- Politechnika Lodzka (YTV) - Polonia
- Aintek Symvouloi Epicheiriseon Efarmoges Ypsilis Technologias Ekpaidefsi Anonymi Etaireia (IDEC) - Grecia
- Kauno Technologijos Universitetas (KTU) - Lituania
- Panepistimio Dytikis Attikis (UNIWA) - Grecia

© 2025

Este documento no puede ser copiado, reproducido ni modificado, ni en su totalidad ni en parte, para ningún fin sin el permiso por escrito del autor. Además, debe hacerse referencia clara a los autores del documento y a todas las partes pertinentes del aviso de derechos de autor.

Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a sus autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser considerados responsables de ellos.



Todos los derechos reservados.

Acrónimo Proyecto:	MicroWeave-TEX
Título Proyecto:	Soluciones sostenibles en la industria textil para reducir la liberación de microplásticos y fibras sintéticas
Nº Proyecto:	2025-1-ES01-KA220-HED-000356411
Socio responsable del entregable:	UNIWA
Socios participantes:	UNIWA, KTU, LUT, UPV
Autores:	Kyriaki Kiskira (UNIWA), Nikitas Gerolimos (UNIWA), Daiva Mikucioniene (KTU), Małgorzata Matusiak (TUL), Pablo Díaz García (UPV), David Mínguez García (UPV), Raquel Belda Anaya (UPV)
Nivel de distribución:	Público
Total de páginas:	142
Versión:	Definitivo
Idioma:	Inglés
Revisado por:	Todos
Estado:	Completado
Fecha Liberación:	28/ 01 /2026

Control de versión

Número	Fecha	Descripción
V0.1	15/01/2026	1º borrador
V1.1	20/01/2026	Revisión final
V2.0	28/02/2026	Versión final

Contenidos

1. Introducción	13
1.1. Microplásticos y el Sector Textil	13
1.2. Consideraciones medioambientales y de salud humana	14
1.3. Objetivo, alcance y metodología	15
1.4. Valor añadido para el WP2 y la integración educativa	15
2. Panorama general de la industria textil nacional	17
2.1. Definición y límites del sector	17
2.2. Tamaño del sector, empleo y peso industrial	18
2.3. Estructura industrial, especialización y tendencias recientes	19
2.4. Concentración territorial y tejido empresarial	20
2.5. Producción, comercio, competitividad y dinámica de mercado	21
2.6. Implicaciones comparativas para la relevancia de las microfibras	22
3. Importancia de los microplásticos y las microfibras en los contextos nacionales	24
4. Fuentes de emisión de microfibras en el sector textil	26
4.1. Fase de producción	26
4.2. Fase de uso	27
4.3. Gestión al final de la vida útil	28
5. Investigación científica y técnica sobre la liberación de microfibras	30
5.1. Panorama de la investigación y capacidad institucional	30
5.2. Investigación industrial e innovación tecnológica	31
5.3. Participación en proyectos de la UE y colaboración transfronteriza	31
5.4. Interpretación comparativa	32
6. Casos prácticos: buenas prácticas y ejemplos de intervención .	33
6.1. Grecia	33

6.1.1.	Caso práctico 1: Proyecto CLAIM — Filtración avanzada de microplásticos en aguas residual	33
6.1.2.	Estudio de caso 2: Seguimiento de los microplásticos en el golfo de Saronikos: evaluación del predominio de fibras.....	33
6.2.	Lituania	34
6.2.1.	Caso práctico 3: Modernización sostenible del acabado textil: reducción del consumo de agua y productos químicos	34
6.2.2.	Caso práctico 4: Innovación en textiles técnicos: textiles inteligentes y de protección	34
6.3.	Polonia	34
6.3.1.	Estudio de caso 5: Reducción de la producción nacional de hilo sintético (2020-2024)	34
6.3.2.	Estudio de caso 6: Dinámica de las importaciones de prendas de vestir y riesgo relacionado con las microfibras impulsado por el consumo	35
6.4.	España	35
6.4.1.	Estudio de caso 7: Reestructuración sectorial y competitividad sostenible.....	35
6.4.2.	Caso práctico 8: Clústeres textiles regionales: innovación y especialización en procesos	35
6.5.	Conclusiones comparativas a partir de los estudios de caso	35
7.	Principales retos y obstáculos para reducir la emisión de microfibras.....	37
7.1.	Limitaciones tecnológicas y de infraestructuras	37
7.2.	Limitaciones económicas y estructurales	37
7.3.	Lagunas normativas y políticas	38
7.4.	Limitaciones en materia de datos y seguimiento.....	38
7.5.	Concienciación y barreras de comportamiento	38
7.6.	Interpretación comparativa.....	39
8.	Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional en la reducción de la liberación de microfibras.....	40
8.1.	Innovación tecnológica y soluciones para aguas residuales	40
8.2.	Transformación del sector hacia textiles técnicos y de mayor valor añadido ..	41

8.3.	La colaboración entre la investigación y la industria como buena práctica	41
8.4.	Alineación con los objetivos de sostenibilidad y economía circular de la UE..	41
8.5.	Interpretación comparativa.....	42
9.	Políticas nacionales y marco normativo.....	43
9.1.	Contexto legislativo nacional	43
9.2.	Ajustamiento a la legislación de la UE.....	44
9.3.	Planes estratégicos, incentivos y programas	44
9.4.	Actividades de normalización y seguimiento	45
10.	Necesidades formativas y propuestas educativas	46
10.1.	Necesidades de formación y propuestas educativas	46
10.2.	Recomendaciones para la integración curricular y la formación profesional.....	47
11.	Conclusiones	49
11.1.	La liberación de microfibras como problema sistémico y relacionado con el ciclo de vida.....	49
11.2.	Limitaciones estructurales y obstáculos comunes	49
11.3.	Capacidad tecnológica y de investigación.....	50
11.4.	Imperativos en materia de educación y desarrollo de capacidades	50
11.5.	Hacia una respuesta europea coordinada.....	51
11.6.	Reflexión final	51
12.	Referencias.....	52
13.	Anexos	56
	Anexo I: Informe Nacional – Grecia	56
13.1.	Introducción	56
13.1.1.	Objetivo del informe nacional	57
13.2.	Panorama general de la industria textil nacional.....	58
13.3.	Importancia de los microplásticos y las microfibras en el contexto nacional.....	59
13.3.1.	Concienciación a nivel nacional y atención política.....	61
13.4.	Fuentes nacionales de emisión de microfibras.....	62

13.4.1.	Fase de producción	62
13.4.2.	Fase de uso	63
13.4.3.	Gestión al final de la vida útil	64
13.5.	Estudios científicos y técnicos nacionales	65
13.5.1.	Instituciones de investigación activa	66
13.5.2.	Proyectos de investigación universitarios	66
13.5.3.	Investigación industrial y actividades nacionales de I+D	67
13.5.4.	Participación en proyectos de la UE	68
13.6.	Estudios de caso	69
13.6.1.	CLAIM - Reducción de los microplásticos en las plantas de tratamiento de aguas residuales	69
13.6.2.	El arte de la pesca y los textiles técnicos como fuentes marinas de microplásticos	70
13.7.	Principales retos y obstáculos	72
13.7.1.	Atribución limitada de los microplásticos a fuentes relacionadas con el sector textil	72
13.7.2.	Énfasis en los entornos marinos frente a las fuentes situadas río arriba	72
13.7.3.	Evidencia cuantitativa insuficiente sobre el rendimiento de las medidas de mitigación	73
13.7.4.	Limitaciones normativas y reglamentarias	73
13.7.5.	Lagunas metodológicas y de capacidad	73
13.8.	Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional	74
13.8.1.	Tecnologías innovadoras	74
13.8.2.	Iniciativas del sector industrial o municipal	74
13.8.3.	Certificaciones o sistemas voluntarios	75
13.8.4.	Colaboraciones o proyectos exitosos	75
13.9.	Políticas nacionales y marco normativo	76
13.9.1.	Legislación nacional relativa a microplásticos	76
13.9.2.	Alineación con la legislación EU	76
13.9.3.	Planes estratégicos, incentivos y programas	77
13.9.4.	Actividades nacionales de estandarización	77

13.10.	Necesidades de formación y propuestas educativas	78
13.10.1.	Necesidades de formación y propuestas educativas	78
13.10.2.	Recomendaciones para la integración en los planes de estudios y la formación profesional	79
13.11.	Conclusiones	80
13.12.	Referencias	81
Anexo II: Informe nacional – Lituania		86
13.13.	Introducción	86
13.14.	Panorama general de la industria textil nacional.....	87
13.14.1.	Introducción y definición del sector	87
13.14.2.	Evolución reciente y estructura empresarial	89
13.14.3.	Producción, comercio internacional y competitividad	91
13.15.	Importancia de los microplásticos y las microfibras en el contexto nacional.....	92
13.16.	Fuentes nacionales de emisión de microfibras.....	93
13.16.1.	Fase de Producción	93
13.16.2.	Fase de uso	94
13.16.3.	Gestión al final de su vida útil	95
13.17.	Estudios científicos y técnicos nacionales	96
13.17.1.	Instituciones de investigación activas	96
13.17.2.	Proyectos de investigación universitarios	97
13.17.3.	Investigación de la industria	98
13.17.4.	Participación en proyectos de la UE	99
13.18.	Estudio de casos.....	100
13.18.1.	Estudio de la aplicación de extractos de plantas medicinales para conferir propiedades antibacterianas a los materiales textiles destinados a la impresión por sublimación (13.1.1-LVPA-K-856-01-005)	100
13.18.2.	Desarrollo de soluciones tecnológicas para la fabricación de almohadillas absorbentes del sudor (01.2.1-MITA-T-851-01-0196)	102
13.19.	Principales retos y obstáculos	103
13.19.1.	Barreras tecnológicas y de infraestructuras	103

13.19.2.	Retos económicos y de mercado	103
13.19.3.	Obstáculos normativos y estratégicos	104
13.19.4.	Barreras medioambientales y sociales	104
13.20.	Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional.....	104
13.20.1.	Tecnologías innovadoras	104
13.20.2.	Iniciativas municipales y de la industria	105
13.20.3.	Certificaciones o sistemas voluntarios.....	106
13.20.4.	Colaboraciones o proyectos exitosos.....	107
13.21.	Políticas nacionales y marco normativo.....	107
13.21.1.	Legislación nacional relativa a los microplásticos.....	107
13.21.2.	Alineación con la legislación de la UE	108
13.21.3.	Planes estratégicos, incentivos y programas	109
13.21.4.	Actividades nacionales de normalización	110
13.22.	Necesidades de formación y propuestas educativas	111
13.22.1.	Necesidades de formación y propuestas educativas.....	111
13.22.2.	Recomendaciones para la integración curricular y la formación profesional... ..	112
13.23.	Conclusiones	113
13.24.	Referencias	114
Anexo III: Informe Nacional – Polonia		116
13.25.	Introducción.....	116
13.25.1.	Objetivo del informe nacional.....	116
13.25.2.	Antecedentes: breve historia del sector y relevancia económica	116
13.26.	Panorama general de la industria textil nacional.....	117
13.26.1.	Estructura de la industria textil polaca	117
13.27.	Importancia de los microplásticos y las microfibras en el contexto nacional.....	123
13.27.1.	Fuentes nacionales de microplásticos	123
13.28.	Fuentes nacionales de liberación de microfibras.....	123
13.28.1.	Fase de producción	123
13.28.2.	Fase de uso.....	123

13.28.3.	Gestión al final de su vida útil	124
13.29.	Estudios científicos y técnicos nacionales	124
13.29.1.	Instituciones de investigación activas	124
13.29.2.	Proyectos de investigación universitarios	124
13.29.3.	Investigación industria	125
13.29.4.	Participación en proyectos de EU.....	125
13.30.	Estudio de casos.....	127
13.30.1.	Estudio de caso 1: Hydrostrateg.....	127
13.30.1.	Estudio de caso 2: FanPLESStic-sea.....	128
13.31.	Principales retos y obstáculos	129
13.32.	Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional.....	130
13.32.1.	Tecnologías innovadoras	130
13.32.2.	Iniciativas industriales y municipales	130
13.32.3.	Certificaciones o programas voluntarios	130
13.32.4.	Colaboraciones o proyectos exitosos	130
13.33.	Políticas nacionales y marco normativo.....	131
13.33.1.	Legislación nacional relativa a los microplásticos.....	131
13.33.2.	Armonización con la legislación europea.....	131
13.33.3.	Planes estratégicos, incentivos y programas	131
13.33.4.	Actividades nacionales de estandarización	132
13.34.	Necesidades de formación y propuestas educativas	132
13.34.1.	Necesidades de formación y propuestas educativas.....	132
13.34.2.	Recomendaciones para la integración en los planes de estudios y la formación profesional	132
13.35.	Conclusiones	133
13.36.	Referencias	133
Anexo IV: Informe Nacional - España.....		135
13.37.	Introducción	135
13.38.	Panorama general de la industria textil nacional.....	136
13.38.1.	Introducción y delimitación del sector	136
13.38.2.	Evolución reciente y cifras actuales de producción	136

13.38.3.	Dimensión territorial y estructura empresarial	137
13.38.4.	Producción, comercio exterior y competitividad	137
13.38.5.	Conclusiones	137
13.39.	Relevancia de los microplásticos/microfibras en el contexto nacional..	138
13.40.	Fuentes nacionales de emisión de microfibras.....	139
13.40.1.	Fase de Producción	139
13.40.2.	Fase de uso.....	140
13.40.3.	Gestión al final de la vida útil.....	140
13.41.	Estudios científicos y técnicos nacionales.....	141
13.41.1.	Instituciones de investigación activas	141
13.41.2.	Proyectos de investigación universitarios	142
13.41.3.	Investigación industrial	142
13.41.4.	Participación en proyectos europeos	143
13.42.	Estudio de casos.....	144
13.42.1.	CAPTOPLASTIC - Tecnologías de filtración para la reducción de microplásticos.....	144
13.42.2.	E-μplast - Soluciones ambientales para la reducción de microplásticos en la industria textil	147
13.43.	Principales retos y obstáculos	149
13.43.1.	Retos técnicos y de infraestructura	149
13.43.2.	Barreras económicas y de implementación	149
13.43.3.	Barreras sociales, educativas y de concienciación.....	149
13.44.	Casos de éxito y mejores prácticas a nivel nacional.....	150
13.44.1.	Tecnologías innovadoras	150
13.44.2.	Iniciativas nacionales e iniciativas empresariales	151
13.44.3.	Certificaciones o programas voluntarios	151
13.44.4.	Asociaciones o proyectos exitosos.....	152
13.45.	Políticas nacionales y marco regulatorio.....	152
13.45.1.	Normativa nacional relacionada con microplásticos.....	152
13.45.2.	Alineación con la legislación de la UE	153
13.45.3.	Planes estratégicos, incentivos y programas.....	153

13.45.4.	Actividades nacionales de normalización	154
13.46.	Necesidades de formación y propuestas educativas	154
13.46.1.	Necesidades de formación y propuestas educativas	154
13.46.2.	Recomendaciones para la integración curricular y la formación profesional... ..	155
13.47.	Conclusiones	156
13.47.1.	Principales conclusiones y estado del arte de España	156
13.47.2.	Recomendaciones y acciones prioritarias	157
13.47.3.	Consideraciones finales.....	158
13.48.	Referencias	158



1. Introducción

Este informe se ha elaborado en el marco del Paquete de Trabajo 2 (WP2), Centro de formadores, del proyecto de educación superior Erasmus+ MicroWeave-TEX: Soluciones sostenibles en la industria textil para reducir la liberación de microplásticos y fibras sintéticas (n.º de proyecto 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411).

El WP2 tiene como objetivo transformar los conocimientos científicos consolidados en recursos educativos estructurados y pedagógicamente sólidos para la educación superior. Estos incluyen materiales didácticos multilingües, un diccionario interpretativo, podcasts, herramientas didácticas innovadoras y actividades de formación para educadores. En este marco, la Tarea 2.1 (T2.1) «Investigación y estado actual de la técnica sobre microplásticos», dirigida por la Universidad de West of Attica (UNIWA), establece la base científica sobre la que se construyen todos los resultados del WP2.

El presente documento ofrece un informe consolidado y comparativo sobre el estado actual de la técnica en relación con la liberación de microplásticos y, más concretamente, de microfibras sintéticas procedentes de productos textiles en los sistemas acuáticos y otros sistemas ambientales. En consonancia con la terminología del proyecto, el término «fibra» (y sus derivados, como «microfibra») se utiliza de forma coherente a lo largo de todo el documento.

1.1. Microplásticos y el Sector Textil

Los plásticos son materiales poliméricos sintéticos que se caracterizan por su durabilidad, ligereza y versatilidad. El crecimiento exponencial de su producción y uso ha dado lugar a su presencia generalizada en los entornos naturales (Geyer et al., 2017). Los microplásticos se definen comúnmente como partículas de plástico de menos de 5 mm (Arthur et al., 2009; Frias & Nash, 2019), y pueden tener su origen bien en partículas primarias fabricadas intencionadamente a escala microscópica, bien en fragmentos secundarios generados a través de procesos de degradación (Andrady, 2011).

Entre las diversas formas de microplásticos, las partículas fibrosas representan un subgrupo especialmente significativo debido a su morfología alargada y su elevada relación de aspecto. Estas características influyen en el comportamiento de transporte, la dinámica de filtración y las interacciones biológicas, lo que distingue a las fibras de las partículas esféricas o irregulares (Cole et al., 2011; Andrady, 2017a; Burns & Boxall, 2018a).

El sector textil está reconocido como una de las principales fuentes de microfibras sintéticas que se liberan al medio ambiente. Las emisiones de microfibras se producen a lo largo de todo el ciclo de vida de los textiles, incluyendo la producción de fibras, la fabricación de tejidos, el uso de las prendas, el lavado doméstico e industrial y la gestión al final de su vida útil. El lavado

doméstico se ha identificado ampliamente como una vía clave, y los estudios indican liberaciones que oscilan entre aproximadamente 10^5 y 10^6 fibras por lavado, dependiendo de las características de los textiles y las condiciones de lavado (Napper y Thompson, 2016; De Falco et al., 2019; Cesa et al., 2020).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden retener una proporción considerable de las fibras liberadas, con eficiencias de eliminación registradas de entre el 70 % y el 98 %; sin embargo, las microfibras retenidas a menudo se acumulan en los lodos de depuradora, pudiendo volver a entrar en los sistemas terrestres a través del suelo (Murphy et al., 2017; Suaria et al., 2020). Los ríos actúan como principales conductos que conectan las fuentes continentales con los entornos marinos, y se han detectado microfibras desde las aguas costeras hasta los sedimentos de las profundidades marinas y regiones remotas (Eriksen et al., 2013; Woodall et al., 2014; Bergmann et al., 2019).

Más allá de los entornos acuáticos, también se ha documentado la presencia de microfibras en los hábitats atmosférico y terrestre. Los estudios sobre el aire señalan concentraciones de fibras cuantificables, lo que pone de relieve la inhalación como una vía de exposición relevante (Dris et al., 2017a; Gasperi et al., 2018a; Prata, 2018a). Los suelos agrícolas que reciben lodos pueden contener miles de partículas por kilogramo, lo que demuestra la naturaleza intermedia de la contaminación por microfibras (de Souza Machado et al., 2018; Sajjad et al., 2022).

1.2. Consideraciones medioambientales y de salud humana

Las microfibras pueden ejercer efectos tanto físicos como químicos. Desde el punto de vista físico, su geometría puede influir en la ingestión, la retención y las respuestas inflamatorias en los organismos (Wright y Kelly, 2017a). Desde el punto de vista químico, las fibras pueden contener aditivos o adsorber contaminantes hidrofóbicos, actuando como vectores de sustancias asociadas (Halden, 2010; Caruso, 2019).

Los recientes avances analíticos han permitido detectar microplásticos en diversas muestras biológicas humanas, entre ellas heces, sangre, placenta, tejido pulmonar y fluidos reproductivos (Schwabl et al., 2019a; Ragusa et al., 2021; Jenner et al., 2022; Leslie et al., 2022). Si bien estos hallazgos demuestran la exposición, la evaluación cuantitativa del riesgo sigue viéndose limitada por la variabilidad metodológica, la escasa estandarización y las incertidumbres relativas a los niveles de exposición realistas en el medio ambiente (Hermsen et al., 2018; Wright y Kelly, 2017b).

En consecuencia, el consenso científico actual hace hincapié en la precaución, porque la distribución ambiental de las microfibras está bien documentada, las interacciones biológicas son plausibles, pero las conclusiones definitivas sobre los riesgos a largo plazo para la salud humana requieren de más investigación.

1.3. Objetivo, alcance y metodología

El objetivo de este informe es:

- Presentar una visión general estructurada y basada en datos empíricos de los conocimientos científicos actuales sobre la liberación de microplásticos y microfibras sintéticas procedentes de los textiles;
- Analizar las vías de dispersión en el medio ambiente, los métodos de medición, las estrategias tecnológicas de mitigación y la evolución de las políticas;
- Sintetizar y comparar los contextos nacionales (Grecia, Lituania, Polonia y España);
- Proporcionar una base consolidada para la elaboración de los materiales educativos del WP2.

A diferencia de los informes nacionales individuales, que siguen una plantilla común, este documento no reproduce los análisis por países de forma secuencial. En su lugar, adopta una estructura comparativa e integradora, en la que cada sección temática sintetiza las conclusiones de todos los países. Este enfoque refuerza la coherencia analítica y evita la duplicación de contenidos.

La metodología en la que se basa este informe incluye:

1. Una revisión estructurada de la literatura científica revisada por pares y de los informes técnicos;
2. La recopilación de informes nacionales elaborados siguiendo una plantilla común;
3. Un análisis comparativo de las estructuras industriales, los datos medioambientales, la capacidad de investigación, los marcos normativos y las necesidades educativas;
4. Una revisión interna por pares para garantizar el rigor científico y la relevancia pedagógica.

1.4. Valor añadido para el WP2 y la integración educativa

Al combinar los datos científicos con un análisis del contexto nacional, este informe establece la base de conocimientos necesaria para los resultados del WP2. Las conclusiones comparativas que aquí se presentan sirven de base para:

- Desarrollo de planes de estudios sobre sistemas textiles sostenibles;
- Módulos de formación para docentes;
- Diccionario interpretativo de términos clave;
- Herramientas pedagógicas innovadoras, como las salas de escape orientadas a la sostenibilidad;
- Materiales educativos multilingües.

Es importante destacar que el informe no anticipa conclusiones antes de realizar el análisis comparativo, ni reproduce los resultados a nivel nacional. En su lugar, aborda la cuestión desde un punto de vista conceptual y metodológico, reservando la síntesis y las conclusiones estratégicas para la sección final del documento.

Gracias a esta estructura, el informe se ajusta a los objetivos de MicroWeave-TEX y contribuye a promover enfoques con base científica y sólidos desde el punto de vista pedagógico para reducir la contaminación por microplásticos y microfibras sintéticas procedente del sector textil.



2. Panorama general de la industria textil nacional

En este capítulo se resume la estructura del sector textil y de la confección en Grecia, Lituania, Polonia y España. Se presta especial atención al tamaño del sector, su estructura, su organización territorial, la evolución reciente y el comercio y la competitividad, ya que estos parámetros determinan dónde y cómo es probable que se produzca la liberación de microfibras sintéticas a lo largo del ciclo de vida de los textiles (producción, uso y fin de la vida útil).

2.1. Definición y límites del sector

En los cuatro informes nacionales, el sector textil y de la confección se presenta sistemáticamente como una cadena de valor que abarca las actividades de la fase inicial (fibras e hilos), la fabricación de tejidos (tejido y punto), el acabado y la fase final (prendas de vestir y productos textiles confeccionados), aunque cada informe nacional hace hincapié en segmentos diferentes en función de la especialización industrial del país.

- España define explícitamente el sector mediante la CNAE-2009, incluyendo: preparación e hilado de fibras, fabricación y acabado de tejidos, fabricación de otros artículos textiles y fabricación de prendas de vestir (Instituto Nacional de Estadística, 2023).
- Lituania define el sector a través de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (EVRK 13), detallando categorías como preparación/hilado, tejido, punto, artículos textiles confeccionados, alfombras, cuerdas/redes, acabado, no tejidos y costura, con una tabla de estructura cuantificada (número de empresas por actividad).
- Polonia utiliza la clasificación nacional Clasificación Polaca de Actividades (PKD), presentando la estructura industrial a través de tablas para la fabricación textil (p. ej., hilado, tejido, acabado, no tejidos, textiles técnicos) y categorías de producción de prendas de vestir.
- Grecia enmarca el sector desde una perspectiva histórica y estructural (pymes + empresas integradas verticalmente + productores especializados), destacando el procesamiento del algodón, la fabricación de hilo, los textiles técnicos y los productos de moda de nicho como elementos centrales.

Aunque los límites sectoriales son, en líneas generales, comparables en los cuatro informes nacionales, el enfoque y el marco difieren significativamente. España concede mayor importancia a los marcos de clasificación formales y a la trayectoria de reestructuración a largo plazo del sector textil y de la confección nacional, en un contexto de competencia internacional y ajuste industrial. Por el contrario, Lituania y Polonia ofrecen una descripción más detallada y estructurada de los subsectores, utilizando tablas EVRK/PKD detalladas para describir la composición de las actividades de fabricación textil y de confección, así como la

distribución de las entidades económicas por categorías. Grecia, por su parte, adopta una narrativa más orientada al ciclo de vida, relacionando explícitamente el uso de fibras (algodón frente al auge de los sintéticos), la concentración geográfica de la producción y el acabado, y las vías ambientales posteriores, en particular la infraestructura de aguas residuales y la amenaza a las costas, vinculando así la estructura industrial más directamente con la relevancia de la liberación de microfibras.

2.2. Tamaño del sector, empleo y peso industrial

La industria textil y de la confección griega se considera uno de los sectores manufactureros más antiguos, de gran importancia histórica para el empleo y las exportaciones. Tras un declive a partir de la década de 2000 debido a la competencia de los países con bajos costes de producción, sigue siendo un sector nacional «de tamaño medio, pero sólido». El informe cita más de 1.200 empresas, más de 25.000 trabajadores y unas exportaciones anuales que superan los 2.000 millones de euros, principalmente a los mercados de la UE (SEPEE, 2023; Eurostat, 2023).

El sector español sigue siendo importante desde el punto de vista económico y social, a pesar de haber perdido peso relativo dentro de la industria manufacturera. Según datos de CITYC, en 2024 la facturación fue de 5.996 millones de euros (-2,7 % respecto al año anterior), con 3.426 empresas activas (-2,3 %) y 45 429 trabajadores (-1,1 % respecto a 2023), lo que indica una fase de ajuste pospandémico (CITYC, 2025).

Polonia se posiciona como uno de los principales productores de la UE: ocupa el tercer lugar en la UE en cuanto a número de empresas textiles y empleo (por detrás de Italia y Francia en número de empresas, y de Italia y Alemania en empleo). El informe también estima que el valor de la producción textil vendida en 2025 rondará los 4.800 millones de euros. Estructuralmente, el sector está muy fragmentado: alrededor del 97 % de las empresas de confección son microempresas. Dun & Bradstreet estima que a finales de febrero de 2024 había algo más de 9.500 empresas en el sector.

Lituania cuenta con unas 800 empresas en el sector textil y de la confección, en su mayoría pymes, y da empleo a unas 26.000 personas a finales de 2025, con un descenso constante en comparación con los niveles históricos de empleo (>30.000). El informe también destaca la estructura de la mano de obra: las mujeres constituyen la mayoría de los empleados, y el personal de ingeniería y técnico representa entre el 5 % y el 8 %, con una demanda al alza a medida que el sector se orienta hacia los textiles de alta tecnología.

En este grupo, España presenta el mayor número de empleados y una facturación claramente cuantificada (CITYC, 2025). Polonia combina un número muy elevado de entidades y una sólida posición en la UE con una profunda fragmentación en microempresas. Grecia y Lituania

son más pequeñas en términos absolutos, pero siguen siendo importantes desde el punto de vista estructural y relevantes para la exportación.

2.3. Estructura industrial, especialización y tendencias recientes

Grecia: el algodón pilar fundamental, con un aumento de las fibras sintéticas y mezcladas.

Grecia ha dependido históricamente en gran medida del algodón, y el informe señala que es el mayor país productor de algodón de la UE. Los tejidos e hilos de algodón siguen ocupando un lugar central, pero las fibras sintéticas y las mezclas (poliéster, poliamida, acrílico) han ido ganando terreno debido a su precio asequible y su durabilidad. El informe vincula explícitamente este cambio con la relevancia de las microfibras (las prendas sintéticas desprenden fibras durante el lavado, el uso y la producción) y señala la coincidencia con los polímeros detectados en los entornos acuáticos griegos (por ejemplo, PE y PP; ejemplo dado para los hallazgos en el golfo Termaico, Kermenidou et al., 2023).

España: reestructuración a largo plazo en el marco de la liberalización del comercio.

El informe de España sitúa el cambio estructural en el contexto de la liberalización del comercio internacional y la integración en la OMC (Acuerdo sobre los Textiles y el Vestido, plenamente integrado en 2005), lo que intensificó la competencia (especialmente procedente de Asia). Esto impulsó una reestructuración productiva, una deslocalización parcial y estrategias basadas en la diferenciación (calidad, diseño, rápida respuesta al mercado) (Moral, 2004; Comisión Europea, 2004). Los resultados recientes muestran una consolidación y un ajuste tras el crecimiento pospandémico, con descensos en el número de empresas y el empleo, pero una relevancia continuada en segmentos de mayor valor añadido (tejidos, textiles técnicos, textiles para el hogar).

Polonia: transición hacia sectores especializados y de alto valor, mientras que el número de empresas disminuye.

El informe de Polonia describe la transición de una producción en masa basada en bajos costes laborales hacia soluciones de nicho, especializadas y de mayor valor añadido, impulsada por una transformación sistémica y los cambios en el mercado mundial. También señala recientes indicios de contracción: el número de empresas textiles ha ido disminuyendo en los últimos tres años; en 2023, el descenso fue de casi un 1,6 % en comparación con 2022, y cerca de 500 empresas suspendieron sus operaciones en 2023. A pesar de ello, la actividad textil sigue siendo fuerte a nivel regional en algunas zonas.

Lituania: estabilidad con una evolución hacia una producción de alta tecnología y orientada a la exportación.

Lituania presenta un sector estable, pero sometido a la presión de los pedidos de exportación a finales de 2025, con unas expectativas y unos volúmenes de producción en ligero descenso. Desde el punto de vista estructural, el informe destaca que la mayor parte de la industria se centra en los productos finales (tejidos y prendas de vestir), mientras que la preparación primaria y el hilado constituyen una pequeña parte de la cadena. La producción de fibras e hilos sintéticos y químicos se encuentra entre los segmentos más pequeños debido a los elevados requisitos tecnológicos; una empresa históricamente importante en este ámbito es AB «Dirbtinis pluoštas». El informe describe un cambio de la producción en masa y la «confección barata» hacia los textiles de alta tecnología (textiles médicos, de transporte y de protección) y destaca el papel de la KTU y el FTMC en el apoyo a la innovación (textiles inteligentes y de protección).

2.4. Concentración territorial y tejido empresarial

Los patrones territoriales son importantes para la relevancia de las microfibras, ya que indican dónde las actividades textiles —especialmente el procesamiento en húmedo y el acabado— concentran las presiones relacionadas con las aguas residuales y las necesidades de control.

Grecia: la fabricación textil se concentra en el norte del país, especialmente en Macedonia Central (región de Tesalónica), Macedonia Oriental y Tracia, y Tesalia, donde se agrupan las empresas de hilatura, tejido/punto, tintorerías, plantas de acabado y fabricantes de prendas de vestir. El informe relaciona esta concentración con posibles presiones sobre las redes de aguas residuales y señala la vulnerabilidad cuando los efluentes industriales se vierten a los ríos o a las EDAR municipales (ejemplo citado a partir de la investigación sobre el río Kifissos, Koutsikos et al., 2023).

España: la producción está muy concentrada geográficamente; Cataluña y la Comunidad Valenciana destacan por la hilatura, el tejido y el acabado, mientras que la fabricación de prendas de vestir está más ampliamente distribuida (Andalucía, Galicia, Madrid, Castilla-La Mancha) (Instituto Nacional de Estadística, 2023).

Lituania: el informe identifica Kaunas, Šiauliai y Utena como centros textiles históricos para el tejido de punto y la calcetería; también señala que las empresas de no tejidos se concentran en los principales centros industriales y en regiones con tradición textil.

Polonia: el informe señala que, a pesar de la contracción del sector, sigue habiendo regiones en las que la industria textil prospera (Producenci tekstyliów, 2025). Esto se corrobora con tablas PKD estructuradas que muestran el número de entidades en múltiples categorías del sector textil y de la confección.

España destaca explícitamente que más del 50 % de las empresas tienen menos de cinco empleados, y que una proporción significativa no tiene empleados, lo que pone de relieve un modelo de producción muy fragmentado con una capacidad de inversión limitada (Moral, 2004). Polonia refleja la fragmentación en el segmento de la confección, donde predominan las microempresas. Lituania informa del predominio de las pymes (solo alrededor del 0,2 % de grandes empresas) en el sector de la costura y la confección, así como de un sólido modelo de fabricación por contrato («lohn production») para marcas de la UE. Grecia describe de manera similar el predominio de las pymes y destaca las barreras de coste para la adopción de la filtración por microfibras.

2.5. Producción, comercio, competitividad y dinámica de mercado

España: aumento del déficit comercial bajo presión competitiva

Las exportaciones textiles de España alcanzaron los 4.720 millones de euros (2024; +1,6 % respecto a 2023), mientras que las importaciones ascendieron a 5.107 millones de euros (+6,3 %), lo que generó un déficit comercial de 387 millones de euros (CITYC, 2025). Entre los destinos de exportación se encuentran Marruecos, Francia, Italia, Portugal y Alemania; las importaciones proceden principalmente de China, Turquía, Italia y Pakistán (CITYC, 2025). El informe enmarca la competitividad en torno a la diferenciación, la flexibilidad y el control de la cadena de valor, especialmente en los segmentos de mayor valor añadido.

Polonia: producción sintética en declive, pero fuertes señales de importación y un gran mercado de consumo

El informe de Polonia ofrece una perspectiva relevante para el sector de las microfibras: la producción de hilos y tejidos sintéticos ha disminuido de forma sistemática desde 2020, habiéndose reducido la producción de hilos sintéticos a una tercera parte y alcanzando niveles comparables a los de la producción de hilos de algodón (según se desprende de las cifras y el texto del informe). Sin embargo, el informe también señala la dinámica de las importaciones: el valor de las importaciones de fibras sintéticas es casi tres veces superior al de las importaciones de algodón, y las importaciones de fibras discontinuas sintéticas o artificiales han aumentado desde 2022, lo que se describe como una tendencia desfavorable para la reducción de los microplásticos procedentes de la industria textil. Además, el valor de las importaciones de prendas de vestir es diez veces superior al de las importaciones de fibras, hilos y tejidos de punto, y aumentó significativamente en 2024. El informe también ofrece estimaciones de mercado (por ejemplo, la estimación del PIOT del mercado polaco de la confección, valorado en 66 900 millones de PLN en 2024, de los cuales 10.000 millones de PLN proceden de la producción nacional).

Lituania: modelo impulsado por las exportaciones con un fortalecimiento gradual del mercado interno

Lituania señala que entre el 75 % y el 80 % de la producción se destina a la exportación, mientras que las ventas internas han aumentado (más del 20 % de la producción se vende en el mercado interno, frente al 8 % de hace unas décadas). El informe prevé que el tamaño del mercado del sector alcance los 579,5 millones de euros en 2026, señalando una recuperación a finales de 2025 (crecimiento anual del 2,6-3,5 %), pero también la competencia continuada de países con menores costes y la necesidad estratégica de avanzar hacia una producción de mayor valor añadido.

Grecia: sector de tamaño medio orientado a la exportación y limitaciones a la innovación

El informe de Grecia destaca las fuertes exportaciones (más de 2.000 millones de euros anuales, principalmente a mercados de la UE) y la modernización en curso hacia la sostenibilidad y una producción más limpia (SEPEE, 2023; Eurostat, 2023). También destaca que, aunque algunas empresas adoptan el reciclaje de agua y una filtración mejorada en los procesos de acabado y teñido, la filtración específica de microfibras sigue siendo limitada, especialmente entre las pymes, debido a las barreras de coste y a la falta de directrices nacionales. El informe cita iniciativas financiadas por la UE, como CLAIM, como prueba de que las tecnologías de filtración de alta retención (hasta un 95 %) son técnicamente viables en entornos de aguas residuales (Gkanasos et al., 2021).

2.6. Implicaciones comparativas para la relevancia de las microfibras

En conjunto, los cuatro perfiles industriales nacionales apuntan a una realidad europea común, caracterizada por estructuras de producción fragmentadas y una intensa presión competitiva, pero con configuraciones nacionales distintas en lo que respecta a las «microfibras»:

- Relevancia desde el punto de vista de la producción (vertidos industriales / aguas residuales del procesamiento en húmedo): es notable allí donde existen agrupaciones de empresas de acabado y teñido y donde los efluentes industriales interactúan con los sistemas de aguas residuales municipales. Grecia destaca explícitamente estas vías en el norte del país y vincula la concentración industrial con la vulnerabilidad de las aguas residuales (Koutsikos et al., 2023). Lituania describe un sector de acabado en proceso de modernización (blanqueo, tintura, estampado, recubrimiento) que da soporte a fabricantes orientados a la exportación, lo que implica una concentración de actividades de procesamiento en húmedo relevantes para las medidas de captura de

microfibras. España y Polonia también documentan sólidas estructuras de tejido y acabado dentro de clústeres regionales.

- Relevancia de la fase de uso (lavado doméstico de textiles sintéticos y mezclados): Grecia vincula explícitamente el aumento del uso de fibras sintéticas con la presencia de fibras en los entornos marinos griegos (por ejemplo, golfos con influencia urbana como el de Saronikos; Adamopoulou et al., 2021). Los volúmenes de importación de prendas de vestir de Polonia, muy elevados en relación con las importaciones de materia prima, sugieren un fuerte impacto del lavado impulsado por el consumo (incluso cuando la producción nacional de sintéticos disminuye). El déficit comercial de España y los elevados flujos de importación refuerzan una relevancia similar entre el consumo y el lavado.
- Capacidad para adoptar tecnologías de mitigación: las pymes predominan en los cuatro países, y España y Polonia ofrecen claros indicios de la presencia de microempresas (Moral, 2004; alrededor del 97 % de las empresas del sector textil en Polonia son microempresas). Esto implica que las medidas de mitigación pueden requerir apoyo normativo, orientaciones estandarizadas e incentivos, ya que el tamaño de las empresas limita su capacidad de inversión. Grecia menciona explícitamente las barreras de coste y la escasa adopción de sistemas específicos de filtración de microfibras entre las pymes.

En general, los informes nacionales indican que las medidas de reducción de la liberación de microfibras deben diseñarse teniendo en cuenta la estructura sectorial nacional:

- cuando la producción se concentra en determinadas zonas y predomina el acabado, cobran gran relevancia las medidas centradas en las aguas residuales;
- cuando predominan las importaciones y el consumo de prendas de vestir, las medidas relacionadas con la fase de uso (prácticas de lavado, filtración en lavanderías domésticas o industriales) pasan a ser fundamentales;
- y, en todos los casos, el predominio de las pymes pone de manifiesto la importancia de contar con tecnologías accesibles, orientación y marcos normativos que las respalden.

3. Importancia de los microplásticos y las microfibras en los contextos nacionales

Aunque los cuatro informes nacionales reconocen que los microplásticos y las microfibras sintéticas son importantes desde el punto de vista medioambiental, la forma en que se enmarca su relevancia nacional varía en función de la exposición ambiental, la estructura industrial, la madurez normativa y los ejes de investigación.

En Grecia, la cuestión se contextualiza claramente desde una perspectiva de vulnerabilidad marina y costera, lo que refleja la extensa costa del país y su economía basada en el turismo. El informe destaca que las partículas en forma de fibra predominan en los perfiles de microplásticos de los entornos marinos y de agua dulce griegos, y vincula estos hallazgos con las vías de escape de las aguas residuales y las limitaciones de las infraestructuras. Las presiones turísticas estacionales y la cobertura insuficiente del tratamiento terciario en determinadas zonas se presentan como factores agravantes. Las pruebas científicas procedentes de sistemas costeros y fluviales refuerzan la relevancia de las fibras de origen textil en la vigilancia medioambiental nacional (Adamopoulou et al., 2021; Koutsikos et al., 2023). En consecuencia, la contaminación por microfibras en Grecia se enmarca no solo como una cuestión industrial, sino también como una preocupación para el ecosistema marino y socioeconómica, con implicaciones para la pesca, la biodiversidad y el turismo costero.

En Lituania, la relevancia de las microfibras se aborda principalmente desde la perspectiva de la economía circular y la transición hacia la sostenibilidad. El informe nacional sitúa la liberación de microfibras como parte de una transformación medioambiental más amplia del sector textil y de la confección lituano, en consonancia con los compromisos de sostenibilidad de la UE y las estrategias políticas nacionales. En lugar de centrarse principalmente en las pruebas de contaminación en los sistemas naturales, Lituania hace hincapié en la evaluación estructurada, la armonización de las políticas y la acción coordinada entre las autoridades públicas, la industria y las instituciones de investigación. Por lo tanto, la cuestión se inscribe en un discurso de modernización industrial, en el que el desempeño medioambiental y la mejora tecnológica son fundamentales para mantener la competitividad de las exportaciones.

En Polonia, la relevancia de los microplásticos se articula en torno a la magnitud, la estructura y la dinámica de mercado de la industria textil y de la confección nacional. El informe destaca la necesidad de comprender el tamaño y la posición económica del sector para evaluar su contribución a la contaminación del agua en el país. Se presta especial atención a las tendencias de producción, al papel de las importaciones de fibras sintéticas y a la magnitud del consumo de prendas de vestir. Este enfoque relaciona la liberación de microfibras tanto con la actividad industrial en las fases iniciales de la cadena de suministro como con los patrones de consumo de los usuarios finales. El enfoque polaco combina, por lo tanto, el

análisis industrial con consideraciones orientadas a la mitigación, destacando la importancia de las estrategias específicas del sector para reducir los impactos ambientales.

En España, la relevancia de los microplásticos y las microfibras se inscribe en un contexto más amplio de reestructuración industrial, adaptación normativa y competitividad bajo las presiones del comercio internacional. El informe español vincula los retos medioambientales a la transformación sectorial a largo plazo tras la liberalización del comercio y la competencia global (Moral, 2004; Comisión Europea, 2004). Las preocupaciones sobre las microfibras se integran en debates más amplios sobre sostenibilidad, innovación y mejora tecnológica como herramientas estratégicas para mantener la competitividad en segmentos textiles de mayor valor añadido. En este contexto, el desempeño medioambiental se convierte tanto en una cuestión de cumplimiento normativo como en un diferenciador de mercado.

Si bien el fenómeno medioambiental de la contaminación por microfibras es común en los cuatro países, su articulación nacional difiere:

- Grecia hace hincapié en la exposición al medio marino, las limitaciones en materia de aguas residuales y las presiones relacionadas con el turismo.
- Lituania destaca la armonización de las políticas y la transición industrial sostenible.
- Polonia destaca la escala industrial, los flujos comerciales y los impactos derivados del consumo.
- España se centra en la reestructuración, la adaptación normativa y la competitividad basada en la sostenibilidad.

Estas diferencias ponen de manifiesto que la relevancia de la contaminación por microfibras no solo viene determinada por los datos medioambientales, sino también por la configuración industrial, las pautas comerciales y el contexto normativo. Por lo tanto, una respuesta europea coherente requiere estrategias de mitigación contextualizadas que reflejen las condiciones estructurales nacionales, al tiempo que se mantiene una base científica común.



4. Fuentes de emisión de microfibras en el sector textil

Este capítulo ofrece una síntesis comparativa de las principales fuentes y vías de liberación de microfibras sintéticas identificadas en los informes nacionales de Grecia, Lituania, Polonia y España. Siguiendo una perspectiva de ciclo de vida, las fuentes se analizan en tres etapas principales: (1) producción y procesamiento industrial, (2) fase de uso (lavado doméstico y comercial), y (3) gestión al final de la vida útil y gestión de residuos. Si bien las vías generales son estructuralmente similares en todos los países, su importancia relativa difiere en función de la configuración industrial, la infraestructura de aguas residuales, los patrones de consumo y la madurez de las políticas.

4.1. Fase de producción

En los cuatro países, los procesos de fabricación textil se consideran fuentes potenciales de emisión de microfibras, especialmente cuando implican abrasión mecánica y tratamientos en húmedo.

El informe griego identifica explícitamente las operaciones de hilado, tejido/punto, cepillado, corte, teñido, lavado y acabado como puntos de emisión industrial. El norte de Grecia, en particular Macedonia Central, Macedonia Oriental y Tracia, y Tesalia, alberga concentraciones de instalaciones de procesamiento textil, incluidas tintorerías y plantas de acabado. Estas concentraciones generan presiones localizadas en las redes de aguas residuales, especialmente cuando los efluentes industriales se vierten a los ríos o a las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTAR). Las pruebas del proyecto CLAIM demuestran que los microplásticos, incluidas las partículas en forma de fibra, están presentes en los efluentes y que las tecnologías de filtración avanzadas pueden alcanzar eficiencias de eliminación de hasta el 95 % en condiciones piloto (Gkanasos et al., 2021). El informe griego vincula además el uso de fibras sintéticas (poliéster, poliamida, mezclas acrílicas) con los tipos de polímeros detectados en los entornos acuáticos, lo que refuerza la conexión entre la producción y el medio ambiente (Kermenidou et al., 2023).

Lituania ofrece un desglose estructural detallado de las actividades de producción incluidas en el código EVRK 13, entre las que se encuentran la hilatura, el tejido, el punto, el acabado, los no tejidos y la confección. Aunque el número de empresas dedicadas a la producción de fibras sintéticas y químicas es limitado, los procesos de acabado —blanqueo, teñido, estampado, recubrimiento e impregnación— están muy extendidos. El informe señala que muchas empresas integran departamentos de acabado y se están modernizando rápidamente hacia tecnologías respetuosas con el medio ambiente que reducen el uso de agua y productos químicos. Dada la fuerte orientación exportadora de Lituania (el 75-80 % de la producción se exporta), la relevancia de la reconversión industrial está estrechamente vinculada al cumplimiento de los requisitos de sostenibilidad de la UE y a la modernización tecnológica.

El informe polaco ofrece datos exhaustivos sobre las categorías de producción según la clasificación PKD, entre las que se incluyen la hilatura, el tejido, el acabado, los no tejidos y los textiles técnicos. Cabe destacar que la producción de hilos sintéticos y tejidos ha disminuido de forma sistemática desde 2020, habiéndose reducido la producción de hilos sintéticos a una tercera parte y acercándose a los niveles de los hilos de algodón. Sin embargo, las importaciones de fibras sintéticas siguen siendo significativas y están aumentando en determinadas categorías. Esto indica que, aunque la producción nacional de sintéticos pueda estar disminuyendo, las vías industriales y comerciales previas a la introducción de microfibras siguen siendo relevantes.

El informe de España destaca la especialización productiva en tejidos, textiles técnicos y textiles para el hogar, con una concentración geográfica de las actividades de hilatura, tejido y acabado en regiones como Cataluña y la Comunidad Valenciana. Aunque no se enmarca exclusivamente en términos de microfibras, la presencia de clústeres intensivos en acabado implica vías de desmantelamiento de procesos de tratamiento en húmedo similares a las identificadas en otros países. La reestructuración sectorial de España bajo las presiones del comercio mundial (Moral, 2004; Comisión Europea, 2004) ha reforzado la competitividad en segmentos de mayor valor añadido, donde los textiles sintéticos de alto rendimiento son habituales y están potencialmente asociados al desprendimiento de fibras durante la producción y el acabado.

Los cuatro países señalan los procesos industriales, en particular la agitación mecánica y el acabado en húmedo, como posibles fuentes de emisión de microfibras. Grecia establece el vínculo más explícito entre los clústeres de producción y las vías de emisión de las aguas residuales, mientras que Lituania y Polonia ofrecen mapas estructurales detallados de los subsectores. España sitúa los procesos industriales en el contexto más amplio de la reestructuración, pero presenta perfiles tecnológicos similares.

4.2. Fase de uso

En los cuatro contextos nacionales, la fase de uso, en particular el lavado de prendas sintéticas, se identifica como una fuente importante de liberación de microfibras.

El informe griego destaca que la mayor parte de las emisiones de microfibras provienen del lavado doméstico, ya que las prendas sintéticas predominan en el mercado textil nacional. Casi todos los hogares utilizan lavadoras convencionales sin filtros de fibras, lo que permite que las fibras liberadas entren directamente en los sistemas de aguas residuales. El predominio de las fibras en las muestras marinas (por ejemplo, del Egeo, el Jónico y el Saronico) respalda la relación entre el lavado de ropa y las cargas ambientales (Adamopoulou et al., 2021). El turismo estacional aumenta la frecuencia de lavado en las zonas costeras, lo que amplifica la presión sobre las aguas residuales.

El informe de Polonia vincula la relevancia de la fase de uso con los altos niveles de importaciones de prendas de vestir y el consumo doméstico. El valor de las importaciones de ropa supera significativamente el de las importaciones de fibras e hilos, lo que sugiere que el lavado de prendas sintéticas importadas puede representar una fuente sustancial de emisiones domésticas de microfibras.

Aunque se centra menos en los datos de seguimiento medioambiental, la marcada orientación exportadora de Lituania y su producción de textiles sintéticos y mezclados implican que la liberación de fibras durante la fase de uso es relevante tanto a nivel nacional como en los mercados de destino. La transición del sector hacia los textiles técnicos y de alto rendimiento puede influir en la durabilidad de las fibras y en las características de liberación.

El amplio mercado de la confección y el déficit comercial de España indican fuertes flujos impulsados por el consumo. Aunque el informe español hace hincapié en la competitividad y la reestructuración, el uso generalizado de textiles sintéticos en segmentos de mayor valor añadido y de moda refuerza la importancia del lavado como vía de liberación.

En todos los países, la fase de uso se perfila como estructuralmente importante. Grecia aporta las pruebas medioambientales más sólidas que vinculan el lavado con la prevalencia de fibras marinas. Polonia destaca la relevancia impulsada por el consumo y las importaciones. Lituania y España subrayan las estructuras sectoriales que refuerzan indirectamente las emisiones relacionadas con el lavado a través de la prevalencia de fibras sintéticas.

4.3. Gestión al final de la vida útil

La gestión al final de la vida útil constituye una fuente indirecta, pero significativa, de liberación de microfibras. El informe griego señala que los textiles suelen eliminarse junto con los residuos municipales mixtos, exportarse como ropa de segunda mano o recogerse de manera informal. El vertido sigue siendo la opción predominante, lo que permite una fragmentación gradual y la fuga de microfibras a través de los lixiviados y la difusión en el suelo. Aunque se están introduciendo sistemas de responsabilidad ampliada del productor (RAP) para los textiles, actualmente no existe una estrategia específica sobre las microfibras. Polonia informa de un aumento de las importaciones de ropa usada y productos textiles de segunda mano. Si bien la prolongación de la vida útil de los productos puede reducir las emisiones relacionadas con la producción, la eliminación inadecuada y la fragmentación siguen planteando riesgos potenciales de liberación. Lituania armoniza la gestión de los residuos textiles con las políticas de economía circular de la UE. El informe hace hincapié en estrategias estructuradas para la sostenibilidad y la producción ambientalmente responsable, aunque las medidas detalladas específicas para las microfibras al final de la vida útil siguen siendo limitadas.

España enmarca los residuos textiles en un debate más amplio sobre sostenibilidad y política industrial. Al igual que en otros países, la fragmentación durante la eliminación y la insuficiencia de los sistemas de recogida selectiva pueden contribuir a la fuga de fibras al medio ambiente.



5. Investigación científica y técnica sobre la liberación de microfibras

En este capítulo se resume la capacidad de investigación científica y técnica descrita en los informes nacionales de Grecia, Lituania, Polonia y España. Se centra en las estructuras institucionales de investigación, los estudios relacionados con las microfibras, la innovación tecnológica y la participación en iniciativas financiadas por la UE.

5.1. Panorama de la investigación y capacidad institucional

El informe nacional griego destaca el fuerte compromiso académico con la investigación sobre microplásticos y microfibras, especialmente en entornos marinos y de agua dulce. Los estudios realizados en el mar Egeo, el golfo Sarónico y los sistemas fluviales (por ejemplo, el río Kifissos) demuestran que las fibras son el componente predominante entre las partículas de microplástico identificadas (Adamopoulou et al., 2021; Koutsikos et al., 2023). Además, instituciones griegas participaron en el proyecto CLAIM, financiado por la UE, que puso a prueba tecnologías de filtración de microplásticos en sistemas de tratamiento de aguas residuales y comunicó eficiencias de eliminación de hasta el 95 % (Gkanasos et al., 2021). Sin embargo, el informe también señala que, aunque la capacidad de investigación es sólida, la aplicación de los resultados científicos a la mitigación de las microfibras a escala industrial sigue siendo limitada, especialmente entre las pymes.

El informe lituano describe una interfaz estructurada entre la investigación y la industria, respaldada por la Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU) y el Instituto Textil del Centro de Ciencias Físicas y Tecnológicas (FTMC). Estas instituciones llevan a cabo investigaciones sobre textiles inteligentes, materiales de protección y tecnologías de acabado sostenibles. El informe hace hincapié en la innovación en procesos de acabado respetuosos con el medio ambiente, la impresión textil digital y la ingeniería de materiales avanzados, en consonancia con la modernización del sector orientada a la exportación. Aunque el informe lituano contiene menos datos sobre el seguimiento medioambiental que el informe griego, sitúa la investigación en el contexto más amplio de la transición hacia la sostenibilidad y la economía circular del sector textil.

El informe polaco proporciona amplios datos estructurales y estadísticos sobre la producción y el comercio textiles, respaldados por informes sectoriales, estadísticas nacionales y análisis de la industria. Si bien se hace menos hincapié en el seguimiento medioambiental específico de los microplásticos en comparación con Grecia, el informe polaco destaca las tendencias de producción, la dinámica de las importaciones y la reestructuración del sector como elementos críticos para evaluar la relevancia de las microfibras. Por lo tanto, el enfoque de la investigación parece orientarse más hacia el rendimiento industrial, la estructura del mercado y el análisis económico que hacia la cuantificación medioambiental de las microfibras.

El informe español enmarca la investigación y el desarrollo tecnológico en el contexto de la reestructuración a largo plazo del sector textil bajo las presiones del comercio mundial (Moral, 2004; Comisión Europea, 2004). El informe hace hincapié en la innovación, la digitalización y la sostenibilidad como herramientas estratégicas para mantener la competitividad, especialmente en segmentos textiles de mayor valor añadido, como los textiles técnicos y los tejidos especializados. Aunque los datos detallados de seguimiento de los microplásticos no son el eje central del informe español, el cumplimiento de la normativa medioambiental y la modernización tecnológica se presentan como respuestas necesarias a la evolución de los marcos normativos de la UE.

5.2. Investigación industrial e innovación tecnológica

En los cuatro países, las actividades de investigación industrial se centran en:

- La reducción del consumo de agua y productos químicos en los procesos de acabado
- Métodos de producción sostenibles
- Textiles técnicos y de alto rendimiento
- El cumplimiento de las normas de sostenibilidad de la UE

En Grecia se mencionan prácticas de producción más limpias, como el reciclaje de agua y la filtración avanzada, aunque las tecnologías específicas para microfibras aún no se han implantado de forma generalizada en el sector industrial. Lituania destaca la rápida modernización de las tecnologías de acabado y el papel de las instituciones de investigación en el apoyo a la innovación industrial. Polonia documenta una transformación estructural hacia una producción de nicho y de mayor valor añadido. España integra la innovación impulsada por la sostenibilidad en su estrategia de competitividad.

5.3. Participación en proyectos de la UE y colaboración transfronteriza

La participación en proyectos de investigación financiados por la UE se perfila como un factor clave para el intercambio de conocimientos y el desarrollo tecnológico.

- Grecia demuestra un compromiso activo en proyectos que abordan directamente la filtración de microplásticos y el control de las aguas residuales (CLAIM).
- Lituania integra los marcos de sostenibilidad de la UE en sus estrategias de modernización sectorial
- Polonia y España sitúan la integración en la UE dentro de procesos más amplios de reestructuración industrial y comercial.

5.4. Interpretación comparativa

Se perfilan tres orientaciones de investigación distintas:

- Monitorización medioambiental y tecnologías piloto de mitigación (Grecia)
- Actualización tecnológica e innovación en textiles inteligentes (Lituania)
- Análisis de la reestructuración industrial impulsada por el mercado (Polonia y España)

Si bien existe actividad investigadora en los cuatro países, la aplicación de medidas de mitigación específicas para las microfibras sigue siendo desigual en el ámbito industrial. El fortalecimiento del vínculo entre la vigilancia medioambiental, la innovación tecnológica y la adopción por parte de las pymes se perfila como un reto común a todos los países.



6. Casos prácticos: buenas prácticas y ejemplos de intervención

En este capítulo se presentan una selección de estudios de caso de Grecia, Lituania, Polonia y España que ilustran intervenciones tecnológicas, institucionales y normativas destinadas a abordar la liberación de microplásticos y microfibras sintéticas a lo largo del ciclo de vida de los textiles.

6.1. Grecia

6.1.1. Caso práctico 1: Proyecto CLAIM — Filtración avanzada de microplásticos en aguas residual

Contexto: Proyecto CLAIM, financiado por la UE, en el que participan instituciones de investigación griegas.

Problema identificado: Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) constituyen vías clave para el transporte de microfibras hacia los ecosistemas marinos.

Intervención aplicada: Se instalaron y probaron tecnologías de filtración avanzadas a escala piloto en entornos de aguas residuales.

Resultados cuantitativos: Se alcanzaron eficiencias de eliminación de hasta el 95 % en condiciones piloto (Gkanasos et al., 2021).

Lecciones aprendidas: Las soluciones tecnológicas son viables, pero requieren apoyo político y mecanismos de ampliación.

6.1.2. Estudio de caso 2: Seguimiento de los microplásticos en el golfo de Saronikos: evaluación del predominio de fibras

Contexto: Estudios de seguimiento marino realizados en entornos costeros griegos.

Problema identificado: Aumento de la detección de microplásticos en los ecosistemas marinos, en particular de partículas con forma de fibra.

Resultados: Las fibras representan una fracción significativa de los microplásticos identificados en las muestras marinas, especialmente en zonas con influencia urbana como el golfo de Saronikos (Adamopoulou et al., 2021).

Lecciones aprendidas: El seguimiento medioambiental confirma que las vías de lavado y vertido de aguas residuales contribuyen a la carga de microfibras marinas.

6.2. Lituania

6.2.1. Caso práctico 3: Modernización sostenible del acabado textil: reducción del consumo de agua y productos químicos

Contexto: Empresas lituanas de acabado textil que están modernizando sus tecnologías de producción.

Problema identificado: Los procesos de teñido, blanqueo y acabado generan aguas residuales que pueden contener microfibras y residuos químicos.

Medidas adoptadas: Adopción de tecnologías de acabado respetuosas con el medio ambiente, impresión digital y sistemas de reducción del consumo de agua.

Resultados: Reducciones documentadas en el consumo de agua y productos químicos; mayor cumplimiento de las normas medioambientales de la UE.

6.2.2. Caso práctico 4: Innovación en textiles técnicos: textiles inteligentes y de protección

Contexto: Colaboración entre el ámbito de la investigación y la industria, con el apoyo de la Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU) y FTMC.

Problema identificado: Necesidad de pasar de la producción en masa de bajo coste a la fabricación de textiles sostenibles de alto valor.

Intervención aplicada: Desarrollo de textiles inteligentes, tejidos médicos y de protección, e innovación en materiales avanzados.

Lecciones aprendidas: La mejora tecnológica favorece la sostenibilidad, pero requiere una inversión continua en I+D.

6.3. Polonia

6.3.1. Estudio de caso 5: Reducción de la producción nacional de hilo sintético (2020-2024)

Contexto: Análisis de las estadísticas nacionales de producción.

Problema identificado: La producción de fibras sintéticas contribuye a la posible generación de microfibras.

Conclusiones: La producción de hilos sintéticos se redujo a una tercera parte entre 2020 y 2024, alcanzando niveles comparables a los de la producción de hilo de algodón.

Implicaciones: Posible reducción de la generación de microfibras relacionada con la producción nacional, aunque la dinámica de las importaciones sigue siendo relevante.

6.3.2. Estudio de caso 6: Dinámica de las importaciones de prendas de vestir y riesgo relacionado con las microfibras impulsado por el consumo

Contexto: Análisis de las estadísticas comerciales y las importaciones textiles.

Problema identificado: Elevados volúmenes de importación de prendas de vestir y fibras sintéticas.

Conclusiones: El valor de las importaciones de prendas de vestir supera con creces el de las importaciones de fibras e hilos; el valor de las importaciones de fibras sintéticas es casi tres veces superior al del algodón.

Lecciones aprendidas: El lavado de las prendas importadas durante su uso puede constituir una importante vía de liberación de microfibras.

6.4. España

6.4.1. Estudio de caso 7: Reestructuración sectorial y competitividad sostenible

Contexto: Reestructuración del sector textil español tras la liberalización del comercio.

Problema identificado: Aumento de la competencia procedente de países de bajo coste en el marco de la integración de la OMC (Moral, 2004; Comisión Europea, 2004).

Intervención aplicada: Cambio estratégico hacia segmentos de mayor valor añadido, digitalización y sostenibilidad.

Resultados: Facturación en 2024 de 5.996 millones de euros a pesar del ajuste estructural (CITYC, 2025).

6.4.2. Caso práctico 8: Clústeres textiles regionales: innovación y especialización en procesos

Contexto: Concentración de actividades de hilatura, tejido y acabado en Cataluña y la Comunidad Valenciana.

Problema identificado: Necesidad de mejorar la competitividad mediante la modernización tecnológica y de los procesos.

Intervención aplicada: Innovación en los procesos y especialización en textiles técnicos y textiles para el hogar.

Lecciones aprendidas: La agrupación en clústeres industriales favorece la innovación, pero requiere el cumplimiento de la normativa medioambiental.

6.5. Conclusiones comparativas a partir de los estudios de caso

En los ocho estudios de caso se observan tres patrones de intervención predominantes:

- Filtración de aguas residuales y seguimiento medioambiental (Grecia)
- Modernización de procesos y mejora impulsada por la I+D (Lituania)
- Transformación estructural impulsada por el comercio (Polonia y España)

Grecia aporta las pruebas cuantitativas medioambientales más sólidas específicas sobre las microfibras. Lituania destaca la transición hacia la sostenibilidad impulsada por la innovación. Polonia y España hacen hincapié en la reestructuración industrial y la transformación impulsada por el mercado. Estos estudios de caso demuestran que las estrategias de mitigación varían según los contextos nacionales, pero convergen en torno a la mejora tecnológica, la armonización normativa y la concienciación sobre el ciclo de vida.



7. Principales retos y obstáculos para reducir la emisión de microfibras

En este capítulo se resumen los principales retos estructurales, tecnológicos, económicos y normativos identificados en los informes nacionales de Grecia, Lituania, Polonia y España en relación con la reducción de la emisión de microfibras sintéticas procedentes del sector textil. Si bien las vías de emisión de microfibras a lo largo del ciclo de vida son similares en todos los países, los obstáculos para su mitigación varían en función de la estructura industrial, la infraestructura de aguas residuales, el desarrollo de políticas y la dinámica del mercado.

7.1. Limitaciones tecnológicas y de infraestructuras

Un reto común a los cuatro países es la escasa implantación de tecnologías específicas de filtración de microfibras, especialmente a nivel industrial y doméstico. En Grecia, aunque las soluciones de filtración a escala piloto demostraron una alta eficacia de eliminación en el marco de proyectos financiados por la UE, como CLAIM, su adopción a gran escala sigue siendo limitada, sobre todo entre las pymes, debido a restricciones financieras y normativas. Además, la variabilidad de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales, incluida la cobertura desigual del tratamiento terciario, aumenta el riesgo de vertido de microfibras en los sistemas acuáticos. Lituania destaca la modernización en curso de las tecnologías de acabado, pero reconoce que los sistemas de captura específicos para microfibras aún no se han implantado de forma sistemática. La fuerte orientación exportadora del sector ejerce presión sobre el cumplimiento de la normativa medioambiental, aunque la capacidad de inversión varía entre las empresas. En Polonia, a pesar del descenso de la producción nacional de hilos sintéticos, los elevados volúmenes de importación y el amplio consumo de prendas de vestir mantienen la relevancia de las microfibras en la fase de uso. Sin embargo, la fragmentación del sector y el predominio de las microempresas crean barreras a la inversión tecnológica. España se enfrenta a limitaciones similares, donde la elevada fragmentación empresarial y las presiones de reestructuración limitan la capacidad de inversión en tecnologías medioambientales avanzadas (Moral, 2004).

7.2. Limitaciones económicas y estructurales

Los cuatro países señalan el predominio de las pymes y la fragmentación del sector, lo que restringe las economías de escala y limita la capacidad financiera para la mejora medioambiental. En Polonia, aproximadamente el 97 % de las empresas de confección son microempresas. España señala que más de la mitad de las empresas tienen menos de cinco empleados. Lituania destaca el predominio de las pymes en la confección y la producción de prendas de vestir, y solo alrededor del 0,2 % se clasifica como grandes empresas. Grecia destaca igualmente el predominio de las pymes y las barreras relacionadas con los costes para

la implementación de tecnologías avanzadas de filtración de microfibras. Además, la competencia internacional y las presiones comerciales reducen los márgenes de beneficio y dan prioridad a la competitividad a corto plazo frente a la inversión medioambiental, especialmente en España y Polonia.

7.3. Lagunas normativas y políticas

Si bien las políticas medioambientales y de economía circular a escala de la UE proporcionan un marco común, su aplicación a nivel nacional sigue siendo desigual. Grecia señala la ausencia de directrices nacionales específicas que aborden la liberación de microfibras procedentes de los textiles, a pesar de la intensa actividad investigadora en este ámbito. Lituania hace hincapié en la armonización con las políticas de sostenibilidad de la UE, pero reconoce que la normativa específica y estructurada sobre microfibras aún se encuentra en fase de desarrollo. Tanto Polonia como España sitúan el desempeño medioambiental en el contexto más amplio de la política industrial y comercial, en lugar de en una normativa específica sobre microfibras. Por lo tanto, una barrera común a todos los países radica en la falta de normas armonizadas específicas sobre microfibras para la producción textil, los equipos de lavado o el vertido de aguas residuales, a pesar de las crecientes pruebas científicas.

7.4. Limitaciones en materia de datos y seguimiento

Otro reto común se refiere a la escasa estandarización de las metodologías de seguimiento y a la insuficiente recopilación sistemática de datos sobre la liberación de microfibras. Grecia aporta sólidas pruebas de seguimiento marino, pero la atribución continua a fuentes textiles a escala nacional sigue siendo limitada. Lituania y Polonia se basan más en estadísticas industriales y datos de producción que en la cuantificación ambiental de microfibras. España integra las preocupaciones sobre los microplásticos en informes de sostenibilidad más amplios, pero no presenta conjuntos de datos exhaustivos específicos sobre microfibras. Esta falta de sistemas de seguimiento de microfibras armonizados y comparables complica el desarrollo de políticas basadas en datos empíricos en todos los países.

7.5. Concienciación y barreras de comportamiento

Las emisiones en la fase de uso dependen en gran medida de las prácticas de lavado de los consumidores. Sin embargo, ninguno de los informes nacionales indica un uso generalizado de sistemas domésticos de filtración de microfibras. Grecia destaca el predominio de las lavadoras convencionales sin filtros de fibras. El gran mercado de consumo de prendas de vestir de Polonia sugiere vías de exposición similares. La concienciación pública, los principios de diseño ecológico y los mecanismos de etiquetado de productos siguen estando poco desarrollados en los cuatro contextos.

7.6. Interpretación comparativa

En Grecia, Lituania, Polonia y España se observan seis obstáculos transversales comunes:

- Aplicación limitada de la filtración de microfibras a escala industrial;
- Estructura sectorial dominada por las pymes;
- Limitaciones a la inversión debido a la competencia internacional;
- Ausencia de marcos normativos específicos para las microfibras;
- Insuficiencia de sistemas de seguimiento armonizados;
- Medidas de mitigación limitadas a nivel de los consumidores.

Mientras que Grecia presenta sólidos datos de investigación medioambiental, Lituania muestra una modernización industrial estructurada y Polonia y España hacen hincapié en la reestructuración industrial y las presiones comerciales, los cuatro países se enfrentan a limitaciones estructurales similares a la hora de traducir la investigación en una reducción sistémica de las microfibras.



8. Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional en la reducción de la liberación de microfibras

En este capítulo se resumen las iniciativas exitosas, las prácticas innovadoras y las buenas prácticas emergentes identificadas en los informes nacionales de Grecia, Lituania, Polonia y España. Aunque el grado de aplicación específica a las microfibras varía, los cuatro países presentan ejemplos de mejora tecnológica, producción orientada a la sostenibilidad, integración de la investigación y modernización sectorial que contribuyen, directa o indirectamente, a reducir la liberación de microfibras sintéticas.

Las buenas prácticas identificadas se clasifican en cuatro categorías principales:

1. Innovación tecnológica en el tratamiento de aguas residuales y el acabado
2. Producción sostenible e integración del diseño ecológico
3. Modelos de colaboración entre la investigación y la industria
4. Armonización de políticas y competitividad a través de la sostenibilidad.

8.1. Innovación tecnológica y soluciones para aguas residuales

Grecia: Demostración de filtración avanzada de microplásticos

Uno de los ejemplos de éxito más destacados en relación con las microfibras proviene de Grecia, gracias a su participación en el proyecto CLAIM, financiado por la UE. Los sistemas piloto de filtración de aguas residuales alcanzaron eficiencias de eliminación de microplásticos de hasta el 95 %, lo que demuestra la viabilidad técnica de capturar partículas en forma de fibra antes de su vertido en el medio marino (Gkanasos et al., 2021). Aunque la implementación industrial a gran escala sigue siendo limitada, el proyecto representa un caso de éxito de prueba de concepto que demuestra que es técnicamente posible alcanzar altas tasas de retención en condiciones operativas.

Lituania: Tecnologías modernas de acabado sostenible

Las empresas textiles lituanas han modernizado los procesos de acabado para reducir el uso de agua y productos químicos, integrando tecnologías respetuosas con el medio ambiente y sistemas de impresión textil digital. Esta mejora reduce la huella medioambiental global y limita indirectamente el vertido de microfibras al mejorar el control de los procesos y la gestión de las aguas residuales. La rápida adopción de tecnologías de acabado sostenible, especialmente entre las empresas orientadas a la exportación, refleja la alineación con las normas medioambientales de la UE.

8.2. Transformación del sector hacia textiles técnicos y de mayor valor añadido

Polonia: cambio estructural y reducción de la producción de sintéticos

Polonia registra una disminución significativa de la producción nacional de hilo sintético entre 2020 y 2024, alcanzando niveles comparables a los de la producción de hilo de algodón. Aunque la dinámica de las importaciones complica el panorama general, esta reducción de la producción nacional de sintéticos representa una posible contribución estructural a la disminución de la generación industrial de microfibras. Además, el reposicionamiento del sector hacia los textiles técnicos y de mayor valor añadido indica un cambio estratégico que se aleja de la producción masiva de bajo coste.

España: mejora de la competitividad a través de la sostenibilidad y la especialización

El sector textil español ha respondido a las presiones del comercio mundial especializándose en segmentos de mayor valor añadido, como los textiles técnicos, los tejidos avanzados y los textiles para el hogar. La innovación, la digitalización y la sostenibilidad se posicionan como motores de la competitividad en el informe español, lo que refleja un proceso de reestructuración a largo plazo (Moral, 2004; Comisión Europea, 2004). Al orientarse hacia una producción especializada y centrada en la calidad, las empresas españolas refuerzan su capacidad de cumplimiento de las normas medioambientales y reducen su dependencia de los modelos de producción masiva de sintéticos de bajo coste y gran volumen.

8.3. La colaboración entre la investigación y la industria como buena práctica

Lituania presenta un modelo de colaboración estructurado entre la industria y las instituciones de investigación, en particular la Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU) y el Instituto Textil (FTMC), que apoya la innovación en textiles inteligentes, materiales de protección y procesos sostenibles. Del mismo modo, Grecia demuestra la participación activa de las instituciones académicas en la vigilancia medioambiental y en proyectos de investigación de la UE relacionados con los microplásticos. Estos ecosistemas de colaboración representan buenas prácticas, ya que facilitan la transferencia de conocimientos de la investigación medioambiental a la aplicación industrial.

8.4. Alineación con los objetivos de sostenibilidad y economía circular de la UE

Los cuatro contextos nacionales muestran una alineación cada vez mayor con los marcos de sostenibilidad a nivel de la UE. Grecia hace hincapié en la producción más limpia y la innovación en materia de aguas residuales. Lituania integra los principios de la economía

circular y el cumplimiento de las normas medioambientales orientadas a la exportación. Polonia sitúa la transformación sectorial dentro de una dinámica más amplia de reestructuración industrial. España enmarca la sostenibilidad como una estrategia de competitividad en el contexto de la integración comercial mundial. Aunque la regulación específica sobre las microfibras sigue siendo limitada, la modernización impulsada por la sostenibilidad en todos los países constituye un marco propicio para la futura mitigación de las microfibras.

8.5. Interpretación comparativa

En los cuatro países, los casos de éxito comparten características comunes:

- Demostración de la viabilidad tecnológica (Grecia).
- Modernización de los procesos de acabado e integración de la I+D (Lituania).
- Cambios estructurales en la producción y reposicionamiento industrial (Polonia).
- Estrategias de competitividad impulsadas por la sostenibilidad (España).

Sin embargo, surge una observación crítica: la mayoría de las mejores prácticas reducen indirectamente la liberación de microfibras a través de mejoras en la sostenibilidad, en lugar de abordar directamente la pérdida de fibras como un parámetro medioambiental independiente.

Las futuras mejores prácticas se beneficiarían de la integración de:

- Protocolos estandarizados de medición de microfibras.
- Sistemas de filtración específicos a nivel industrial y doméstico.
- Criterios de diseño ecológico que aborden la durabilidad frente a la pérdida de fibras.



9. Políticas nacionales y marco normativo

Este capítulo resume los marcos normativos y políticos relacionados con la liberación de microplásticos y microfibras sintéticas en Grecia, Lituania, Polonia y España. Aunque los cuatro países se rigen por el marco legislativo general de la UE, la aplicación nacional, el grado de cumplimiento y la integración sectorial varían. El análisis se centra en:

1. Legislación nacional relativa a los microplásticos y la sostenibilidad textil;
2. La armonización con las directivas de la UE y las políticas de economía circular;
3. Los planes estratégicos y los programas de incentivos;
4. Las actividades de normalización y seguimiento.

9.1. Contexto legislativo nacional

En los cuatro países, no existe una legislación nacional específica que aborde directamente la liberación de microfibras procedentes de los textiles. En su lugar, la regulación se inscribe en marcos más amplios de gestión medioambiental, de residuos y del agua.

El informe griego indica que la protección del medio ambiente se rige principalmente a través de la transposición nacional de las directivas de la UE sobre calidad del agua, protección marina y gestión de residuos. Si bien los microplásticos se reconocen cada vez más como un problema de contaminación marina, actualmente no existen normas de emisión de microfibras específicas para el sector textil. El vertido de aguas residuales se regula mediante la legislación nacional sobre el agua, alineada con los marcos de la UE, pero la cuantificación de las microfibras aún no es un parámetro formal de cumplimiento.

Lituania alinea su gobernanza medioambiental estrechamente con las estrategias de la UE en materia de sostenibilidad y economía circular. El informe destaca la alineación estructurada con las normas de la UE en materia de resultados medioambientales en la producción y el acabado de textiles, especialmente para las empresas orientadas a la exportación. Sin embargo, al igual que en Grecia, la legislación nacional no define umbrales específicos de vertido de microfibras.

Polonia regula la producción textil y la gestión de las aguas residuales en el marco de la legislación general sobre protección del medio ambiente, la legislación sobre aguas y la normativa sobre residuos. El informe sitúa las preocupaciones relacionadas con los microplásticos en el sector textil dentro de marcos más amplios de política industrial y comercial, en lugar de enmarcarlas en una normativa medioambiental específica.

El marco normativo textil de España refleja la integración en la UE y la reestructuración comercial relacionada con la OMC-Organización Mundial del Comercio (Moral, 2004; Comisión Europea, 2004). Las obligaciones de cumplimiento medioambiental se aplican mediante la transposición nacional de las directivas de la UE sobre aguas y residuos. La

sostenibilidad funciona cada vez más como un requisito de competitividad, pero la regulación específica sobre microfibras sigue siendo indirecta.

9.2. Ajustamiento a la legislación de la UE

Los cuatro países operan dentro de los marcos normativos de la UE, entre los que se incluyen:

- Directiva Marco sobre el Agua;
- Directiva Marco sobre la Estrategia Marina;
- Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas;
- Plan de Acción para la Economía Circular.

Los informes nacionales reflejan de manera sistemática una fuerte armonización con la normativa de la UE.

- Grecia hace hincapié en las obligaciones de vigilancia marina y tratamiento de aguas residuales.
- Lituania integra los principios de la economía circular en el desarrollo del sector textil.
- Polonia sitúa la transformación textil en el contexto de la integración industrial y comercial de la UE.
- España vincula el cumplimiento de los criterios de sostenibilidad a las estrategias de competitividad y reestructuración de la UE.

Sin embargo, la normativa a nivel de la UE sobre microplásticos sigue en evolución, y las normas explícitas sobre la liberación de microfibras de textiles aún no están plenamente armonizadas a nivel nacional.

9.3. Planes estratégicos, incentivos y programas

Grecia destaca su participación en iniciativas de investigación financiadas por la UE (por ejemplo, CLAIM) centradas en tecnologías de filtración de microplásticos. Sin embargo, los programas nacionales de incentivos estructurados que se centran específicamente en la reducción de microfibras en la fabricación textil son limitados.

Lituania integra la mejora de la sostenibilidad en las estrategias de desarrollo sectorial, en particular a través del apoyo a la innovación, la colaboración en I+D y los procesos de producción respetuosos con el medio ambiente. El cumplimiento normativo impulsado por las exportaciones actúa como un motor regulador indirecto.

El informe de Polonia destaca la transformación estructural y la adaptación hacia segmentos de mayor valor añadido, influidos por las presiones del mercado y la integración en la UE. Sin embargo, aún no se han documentado de forma destacada incentivos específicos para la mitigación de las microfibras.

España sitúa la sostenibilidad y la innovación dentro de la política de competitividad industrial. La adaptación del sector a la competencia global refuerza la mejora medioambiental como una necesidad estratégica, aunque los instrumentos específicos para las microfibras siguen siendo indirectos.

9.4. Actividades de normalización y seguimiento

El seguimiento de los microplásticos varía de un país a otro:

- Grecia proporciona datos documentados de seguimiento medioambiental en sistemas marinos y de agua dulce;
- Lituania se centra más en el rendimiento industrial y la mejora tecnológica que en la cuantificación medioambiental de las fibras;
- Polonia se basa en gran medida en estadísticas industriales y comerciales;
- España integra la información sobre sostenibilidad, pero no presenta marcos detallados de seguimiento de las microfibras;

Una diferencia clave entre países es la ausencia de normas nacionales armonizadas para medir la liberación de microfibras durante la producción o el lavado de productos textiles.



10. Necesidades formativas y propuestas educativas

Este capítulo resume las necesidades de formación y las recomendaciones educativas identificadas en los informes nacionales de Grecia, Lituania, Polonia y España. El análisis tiene por objeto identificar las carencias comunes y las prioridades transversales que sirven de base para el desarrollo de los resultados del WP2 dentro del proyecto MicroWeave-TEX (n.º de proyecto 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411).

Aunque los cuatro países difieren en cuanto a estructura industrial y enfoques de investigación, coinciden en la necesidad de respuestas educativas estructuradas, interdisciplinarias y orientadas a la sostenibilidad que aborden la liberación de microfibras sintéticas a lo largo del ciclo de vida de los textiles.

10.1. Necesidades de formación y propuestas educativas

Integración sistemática limitada en la educación superior

Los cuatro informes nacionales indican que, aunque la investigación y la sensibilización sobre las políticas están aumentando, los contenidos específicos sobre las microfibras aún no se han incorporado de forma sistemática en los programas de educación superior.

- Grecia muestra una intensa actividad investigadora en el ámbito del control marino y de las aguas residuales, pero la integración estructurada en los planes de estudios sigue siendo limitada.
- Lituania destaca la creciente necesidad de competencias de ingeniería a medida que el sector se orienta hacia los textiles técnicos de alto valor.
- Polonia hace hincapié en la estructura del sector y las tendencias de producción, pero la formación en mitigación de las microfibras no está sistemáticamente formalizada en las vías educativas.
- España integra la sostenibilidad en las estrategias de competitividad, pero los módulos específicos sobre microfibras no están claramente institucionalizados.

Esto indica una brecha común entre el conocimiento científico y la oferta educativa.

Necesidad de competencias interdisciplinarias

La liberación de microfibras afecta a múltiples ámbitos:

- Ingeniería textil
- Ciencia de los polímeros
- Ingeniería de aguas residuales
- Monitorización medioambiental
- Economía circular

- Gestión de la sostenibilidad industrial

Lituania señala expresamente la creciente demanda de profesionales técnicos y de ingeniería, mientras que Grecia aporta una sólida experiencia en monitorización medioambiental que podría integrarse más profundamente en los planes de estudios de ingeniería. Por lo tanto, los programas educativos deben tender puentes entre las ciencias medioambientales y los sistemas de producción textil.

Competencias prácticas en materia de seguimiento y medición

Aunque Grecia proporciona datos documentados sobre el seguimiento de los medios marinos y de agua dulce, la formación sistemática en laboratorio sobre la detección y cuantificación de microfibras no está institucionalizada de manera uniforme en los cuatro países. Lituania y Polonia se centran más en las estadísticas industriales y las estructuras de producción que en las metodologías analíticas específicas para las fibras.

Existe una necesidad común de formación en:

- Metodologías de muestreo de fibras
- Técnicas de identificación en laboratorio
- Evaluación de las emisiones a lo largo del ciclo de vida
- Evaluación de las tecnologías de filtración

Educación en sostenibilidad orientada a las pymes

Los sectores textiles de los cuatro países están dominados por las pymes:

- Polonia: aproximadamente el 97 % son microempresas del sector de la confección.
- España: la mayoría de las empresas tienen menos de cinco empleados.
- Lituania: solo alrededor del 0,2 % son grandes empresas.
- Grecia: fuerte prevalencia de pymes con barreras de implementación relacionadas con los costes.

Esta estructura requiere herramientas de formación orientadas a la práctica, accesibles y escalables que puedan ayudar a las pequeñas y medianas empresas a implementar estrategias de mitigación de las microfibras.

10.2. Recomendaciones para la integración curricular y la formación profesional

A partir del análisis comparativo, se proponen las siguientes prioridades:

1. Módulos basados en el ciclo de vida: integración de módulos que abarquen la producción de fibras, el desprendimiento de microfibras a nivel industrial, la

- contaminación a través de las aguas residuales, las emisiones del lavado de productos textiles y la fragmentación al final de la vida útil.
2. Laboratorio aplicado: formación práctica en detección de fibras, análisis de aguas residuales y evaluación de tecnologías de mitigación.
 3. Educación en ecodiseño y materiales sostenibles: incorporación de principios de durabilidad, selección de materiales y economía circular, reflejando la trayectoria de modernización de Lituania y el enfoque de competitividad impulsado por la sostenibilidad de España.
 4. Conocimientos sobre políticas y normativa: formación sobre las directivas medioambientales de la UE y los marcos de sostenibilidad aplicables en los cuatro países.
 5. Herramientas pedagógicas innovadoras:
 - a. Materiales didácticos multilingües
 - b. Diccionario interpretativo
 - c. Podcasts que vinculan la investigación y la industria
 - d. Aprendizaje basado en la simulación
 - e. Metodologías de «escape room» orientadas a la sostenibilidad

Estas herramientas respaldan directamente los objetivos del WP2 dentro de MicroWeave-TEX.

En Grecia, Lituania, Polonia y España, la principal carencia educativa no radica en la ausencia de investigación, sino en la insuficiente integración de los conocimientos sobre microfibras en programas de educación superior estructurados, interdisciplinarios y orientados a la práctica. Abordar estas necesidades de formación es esencial para desarrollar la capacidad a largo plazo necesaria para reducir la liberación de microfibras sintéticas a lo largo del ciclo de vida de los textiles.



11. Conclusiones

Este informe, elaborado en el marco de la Tarea 2.1 del Paquete de Trabajo 2 del proyecto MicroWeave-TEX (n.º de proyecto 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411), ofrece un análisis consolidado y comparativo del estado actual de la cuestión sobre la liberación de microplásticos y microfibras sintéticas por parte del sector textil en Grecia, Lituania, Polonia y España. En lugar de reproducir los informes nacionales, el documento sintetiza los resultados estructurales, medioambientales, tecnológicos y educativos de los distintos países para identificar patrones comunes y diferencias específicas de cada contexto.

11.1. La liberación de microfibras como problema sistémico y relacionado con el ciclo de vida

En los cuatro contextos nacionales, se confirma que la liberación de microfibras es un fenómeno relacionado con el ciclo de vida, que se produce en múltiples etapas:

- Producción industrial y acabado
- Lavado doméstico y comercial
- Eliminación al final de la vida útil y fragmentación

Aunque el peso relativo de cada etapa varía según el país, la estructura del problema es común. Grecia aporta las pruebas de seguimiento medioambiental más explícitas, demostrando el predominio de las fibras en los sistemas marinos y de agua dulce y vinculando las vías de las aguas residuales con la exposición marina. Polonia destaca la influencia de la dinámica de la producción y las importaciones, mostrando una disminución de la producción nacional de hilo sintético, pero unas importaciones significativas de prendas de vestir. Lituania enmarca la liberación de fibras en el contexto de la mejora industrial y la modernización sostenible de los procesos de acabado, mientras que España integra la cuestión en estrategias más amplias de reestructuración sectorial y competitividad. Estas diferencias demuestran que, aunque la contaminación por microfibras está científicamente reconocida en todos los contextos, su articulación a nivel nacional depende de la estructura industrial, los flujos comerciales y la exposición ambiental.

11.2. Limitaciones estructurales y obstáculos comunes

A pesar de las diferencias en cuanto al tamaño y la especialización del sector, los cuatro países comparten varias limitaciones estructurales:

- Un fuerte predominio de las pymes que limita la capacidad de inversión.
- Ausencia de normas de vertido específicas para las microfibras.
- Metodologías de seguimiento armonizadas limitadas.

- Dependencia de la legislación general sobre agua y residuos, en lugar de una normativa específica sobre emisiones textiles.

Polonia y España señalan una elevada fragmentación empresarial. Lituania y Grecia también destacan el predominio de las pymes y las barreras de coste para la adopción de tecnologías medioambientales. Si bien los marcos medioambientales de la UE proporcionan una base normativa común, la aplicación nacional de medidas específicas sobre microfibras sigue siendo limitada.

11.3. Capacidad tecnológica y de investigación

Los cuatro países cuentan con capacidad de investigación e innovación, pero esta no se traduce de manera uniforme en medidas de mitigación a escala industrial.

- Grecia destaca por su sólida investigación medioambiental y sus tecnologías piloto de filtración (por ejemplo, el proyecto CLAIM).
- Lituania presenta una colaboración estructurada entre la investigación y la industria que respalda los acabados sostenibles y los textiles inteligentes.
- Polonia ofrece un análisis detallado de la industria y el comercio, relevante para evaluar los factores que impulsan las emisiones.
- España vincula la modernización tecnológica con estrategias de competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

Sin embargo, el despliegue generalizado de tecnologías de filtración específicas para microfibras o de normas de diseño ecológico sigue siendo limitado.

11.4. Imperativos en materia de educación y desarrollo de capacidades

Una de las conclusiones principales de este informe es que, para reducir la liberación de microfibras sintéticas, no solo se requieren medidas tecnológicas y normativas, sino también una intervención educativa sistemática.

En los cuatro informes nacionales se identifican carencias en:

- La integración de temas relacionados con las microfibras en los planes de estudios de textil e ingeniería.
- La formación interdisciplinaria que vincule las ciencias ambientales con la producción textil.
- Las competencias prácticas de laboratorio en la detección y el seguimiento de fibras.
- La educación en sostenibilidad orientada a las pymes.

Estos hallazgos justifican directamente el desarrollo de productos educativos estructurados, multilingües e interdisciplinarios dentro del WP2 de MicroWeave-TEX.

11.5. Hacia una respuesta europea coordinada

El análisis comparativo demuestra que la contaminación por microfibras no puede abordarse mediante intervenciones aisladas. Para lograr una mitigación eficaz se requiere:

1. Enfoques basados en el ciclo de vida que abarquen las fases de producción, uso y fin de la vida útil.
2. Metodologías armonizadas de seguimiento y medición.
3. Soluciones tecnológicas accesibles para las pymes.
4. Integración de la sostenibilidad en las estrategias de competitividad industrial.
5. Programas estructurados de educación superior y formación profesional.

Si bien los datos de seguimiento marino de Grecia, la modernización industrial de Lituania, los datos sobre producción y comercio de Polonia y la trayectoria de reestructuración de España ponen de relieve diferentes dimensiones del problema, en conjunto ilustran la necesidad de una acción coordinada a nivel europeo.

11.6. Reflexión final

La liberación de microfibras en el sector textil representa un complejo desafío medioambiental que está íntimamente ligado a los sistemas industriales, el comportamiento de los consumidores, el comercio mundial y la evolución de la normativa. Los datos comparativos recopilados en este informe confirman que:

- Los fundamentos científicos que justifican la preocupación están bien establecidos.
- Las características estructurales de la industria influyen considerablemente en los patrones de emisión.
- Los marcos normativos están evolucionando, pero siguen siendo incompletos en lo que respecta al control específico de las microfibras en el sector textil.
- La educación y el desarrollo de capacidades son mecanismos esenciales para la mitigación a largo plazo.

A través de su Rincón de Educadores y de la transferencia estructurada de conocimientos, MicroWeave-TEX contribuye a reducir la brecha entre la investigación, la industria y la educación superior, reforzando las bases para unos sistemas textiles más sostenibles en Europa.

12. Referencias

- Adamopoulou, A., Zeri, C., Garaventa, F., Gambardella, C., Ioakeimidis, C., & Pitta, E. (2021). Distribution patterns of floating microplastics in open and coastal waters of the Eastern Mediterranean Sea (Ionian, Aegean, and Levantine Seas). *Frontiers in Marine Science*, 8, 699000. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.699000>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Andrady, A. L. (2017a). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (Eds.). (2009). Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastic marine debris. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Bergmann, M., Mützel, S., Primpke, S., et al. (2019). White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances*, 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>
- Burns, E. E., & Boxall, A. B. A. (2018a). Microplastics in the aquatic environment: Evidence for or against adverse impacts and major knowledge gaps. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37, 2776-2796. <https://doi.org/10.1002/etc.4268>
- Caruso, G. (2019). Microplastics as vectors of contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 921-924. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.052>
- Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC. (2025). Datos Generales Industria Textil Española.
- Cesa, F. S., Turra, A., Checon, H. H., et al. (2020). Laundering and textile parameters influence fibers release in household washings. *Environmental Pollution*, 257, 113553. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113553>
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- De Falco, F., Di Pace, E., Cocca, M., & Avella, M. (2019). The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Scientific Reports*, 9, 6633. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43023-x>
- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., et al. (2018). Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24, 1405-1416. <https://doi.org/10.1111/gcb.14020>
- Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., et al. (2017a). A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. *Environmental Pollution*, 221, 453-458. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.013>

- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., et al. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- European Commission. (2004). Study on the implications of the 2005 trade liberalization in the textile and clothing sector.
- Eurostat. (2023). Manufacturing industry statistics - Textiles and wearing apparel (NACE C13-C14). <https://ec.europa.eu/eurostat/>
- Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Gasperi, J., Wright, S. L., Dris, R., et al. (2018a). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 1, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gkanasos, A., Tsiaras, K., Triantaphyllidis, G., Panagopoulos, A., Pantazakos, G., Owens, T., Karametsis, C., Pollani, A., Nikoli, E., Katsafados, N., & Triantafyllou, G. (2021). Stopping macroplastic and microplastic pollution at source by installing novel technologies in river estuaries and wastewater treatment plants: The CLAIM project. *Frontiers in Marine Science*, 8, 738876. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.738876>
- Halden, R. U. (2010). Plastics and health risks. *Annual Review of Public Health*, 31, 179-194. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.012809.103714>
- Hermesen, E., Mintenig, S. M., Besseling, E., & Koelmans, A. A. (2018). Quality criteria for the analysis of microplastic in biota samples: A critical review. *Environmental Science & Technology*, 52, 10230-10240. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01611>
- Instituto Nacional de Estadística. (2023). Estadística estructural de empresas: Sector industrial. <https://www.ine.es/dyngs/Prensa/EEESI2023.htm>
- Jenner, L. C., Rotchell, J. M., Bennett, R. T., et al. (2022). Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. *Science of the Total Environment*, 831, 154907. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154907>
- Kermenidou, M., Frydas, I. S., Moschoula, E., Kousis, D., Christofilos, D., Karakitsios, S., & Sarigiannis, D. (2023). Quantification and characterization of microplastics in the Thermaic Gulf, in the North Aegean Sea. *Science of the Total Environment*, 892, 164299. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164299>
- Koutsikos, N., Koi, A. M., Zeri, C., Tsangaris, C., Dimitriou, E., & Kalantzi, O.-I. (2023). Exploring microplastic pollution in a Mediterranean river: The role of introduced species as bioindicators. *Heliyon*, 9(4), e15069. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15069>

- Leslie, H. A., et al. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199.
- Moral, M. J., & P. C. (2004). El sector textil y confección en España ante un futuro incierto.
- Murphy, F., Russell, M., Ewins, C., & Quinn, B. (2017). The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, 122, 353-359. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.06.073>
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine Pollution Bulletin*, 112, 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025>
- Od potęgi do niszy dla wytrwałych. Co czeka branżę włókienniczą? 2024; <https://media.big.pl/informacje-prasowe/832884/od-potegi-do-niszy-dla-wytrwalych-co-czeka-branze-wlokiennicza>
- Polska branża odzieżowa na tle światowych rynków, <https://www.trade.gov.pl/wiedza/polska-branza-odziezowa-na-tle-swiatow>, 25.11.2025; KO BP, Departament Analiz Ekonomicznych, „Rynki międzynarodowe: odzież. Sytuacja bieżąca i prognozy do 2029”, sierpień 2025
- Producenci tekstyliów 24-11-2025; https://www.coig.com.pl/wykaz_lista_producentow-tekstyliow.php
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., et al. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- Rosalio. Blog. 2025. Polska jest 6. w Europie w wydatkach na modę, ale 78% nadal kupuje stacjonarnie. Co się zmieni? https://rosalio.pl/blog/polska-rynek-mody-digitalizacja-2025-prognozy/?srsltid=AfmBOoob_Z-Ee1RcJgoWtDdwVfWktDVhfug5EtEjB8HtazUs8wZsNues#badanie-cyfrowa-przepasc
- Sajjad, M., Huang, Q., Khan, S., et al. (2022). Microplastics in the soil environment: A critical review. *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102408. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102408>
- Schwabl, P., Koppel, S., Königshofer, P., et al. (2019a). Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. *Annals of Internal Medicine*, 171, 453-457. <https://doi.org/10.7326/M19-0618>
- SEPEE - Hellenic Fashion Industry Association. (2023). Annual report of the Greek textile and clothing sector 2023.
- Suaría, G., Achtypi, A., Perold, V., et al. (2020). Microfibers in oceanic surface waters: A global characterization. *Science Advances*, 6, eaay8493. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay8493>
- Walkowska-Macias K. Produkcja wyrobów przemysłowych w latach 2020-2024, GUS, Warszawa 2025.

Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., et al. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1, 140317. <https://doi.org/10.1098/rsos.140317>

Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017a). Plastic and human health: A micro issue? *Environmental Science & Technology*, 51, 6634-6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>

Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2022, 2023, 2024.



13. Anexos

Anexo I: Informe Nacional – Grecia

13.1. Introducción

Los microplásticos y las microfibras se han convertido en contaminantes ambientales críticos en los sistemas marinos y de agua dulce de todo el mundo, y cada vez se presta más atención científica a su prevalencia, destino e impacto. En Europa, y especialmente en la región mediterránea, el problema se ve agravado por la elevada densidad de población, la intensa actividad costera, el turismo estacional y las cuencas semicerradas que favorecen la acumulación de partículas de plástico. Grecia, situada en el corazón del Mediterráneo oriental, presenta patrones similares, con múltiples estudios que documentan la presencia de microplásticos en aguas superficiales, sedimentos, organismos marinos, ríos y entornos costeros. Estos hallazgos subrayan la necesidad de un análisis sistemático de los datos nacionales y la dinámica sectorial, especialmente en lo que respecta a las microfibras de origen textil, una fuente clave pero poco estudiada de contaminación por microplásticos (Adamopoulou et al., 2021).

Se han registrado microplásticos en el medio marino griego en diversos compartimentos marinos, incluidos los mares Egeo y Jónico abiertos, los golfos cercanos a las áreas metropolitanas y las islas remotas. Estudios recientes ponen de relieve una variabilidad espacial significativa, determinada por características oceanográficas como manchas superficiales, corrientes locales y la proximidad a centros urbanos. Por ejemplo, los microplásticos flotantes en los mares Egeo y Jónico presentan concentraciones comparables a las de los puntos críticos a nivel mundial, con el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y el poliestireno (PS) como componentes poliméricos predominantes, patrones estrechamente vinculados a la fragmentación de envases y textiles (Kalogerakis et al., 2017; Adamopoulou et al., 2021). Este contexto sitúa a las microfibras como un tema central para Grecia, dado el elevado consumo de textiles sintéticos, el uso generalizado de lavadoras y el envejecimiento de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales.

Además, los estudios de biomonitorización en los mares griegos revelan pruebas claras de ingestión de microplásticos en múltiples especies. Una investigación en Zante demostró que los erizos de mar *Paracentrotus lividus* ingieren microplásticos presentes en los sedimentos, con biomarcadores de estrés oxidativo que indican respuestas fisiológicas a la exposición (Gigka et al., 2023). De manera similar, se descubrió que la foca monje del Mediterráneo (*Monachus monachus*), una especie en peligro crítico de extinción de la que se tomaron muestras de forma no invasiva a través de las heces, ingiere microplásticos y aditivos químicos asociados, como los ftalatos, lo que demuestra la biodisponibilidad y la transferencia trófica de estas partículas en las aguas griegas (Hernández-Milian et al., 2023). Estos hallazgos refuerzan la relevancia ecológica de la contaminación por microplásticos en el contexto nacional.

Los sistemas de agua dulce griegos también actúan como vías de transporte clave de los microplásticos desde las actividades terrestres hacia las zonas costeras. Un estudio reciente sobre el río Kifissos, que atraviesa el área metropolitana de Atenas, identificó microplásticos tanto en la capa de agua como en

el tracto gastrointestinal de los peces de agua dulce, lo que indica un flujo moderado pero continuo de microplásticos de origen urbano hacia los ecosistemas costeros. Los tipos de polímeros predominantes fueron el polietileno, el polipropileno y el alcohol polivinílico, lo que refleja fuentes típicas como los materiales de embalaje y las fibras textiles (Koutsikos et al., 2023). Esta evidencia es especialmente relevante para la contaminación por microfibras, ya que las fibras sintéticas procedentes del lavado de prendas representan una de las principales vías de entrada a los ríos y aguas costeras a través de los sistemas de aguas residuales.

A nivel nacional, las instituciones de investigación griegas, entre ellas el Centro Helénico de Investigación Marina (HCMR), las principales universidades y las organizaciones medioambientales, han elaborado un conjunto de trabajos cada vez más amplio que documenta la presencia, la distribución y las implicaciones ecológicas de los microplásticos. Los informes del HCMR y los estudios de ciencia ciudadana (por ejemplo, la colaboración Aegean Rebreath) demuestran la presencia de cantidades sustanciales de microplásticos en las playas griegas, siendo las partículas similares a fibras una de las categorías más frecuentes, en consonancia con las fuentes textiles (HCMR, 2022). Estos hallazgos ponen de relieve la importancia de las microfibras en el panorama nacional y la necesidad de mejorar la vigilancia, la mitigación y la regulación.

La Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (MSFD) establece el marco normativo para evaluar y abordar el problema de los residuos marinos en Grecia, incluidos los microplásticos y las microfibras (CE, 2017). Sin embargo, a pesar de los avances en el seguimiento de los macroplásticos, los datos nacionales sistemáticos sobre las microfibras, especialmente las liberadas durante la producción textil, el lavado y la eliminación al final de la vida útil, siguen siendo limitados. El presente informe nacional tiene por objeto subsanar esa laguna ofreciendo una visión general integrada del sector textil griego, evaluando la presencia y las fuentes de microfibras, valorando las contribuciones científicas nacionales e identificando los obstáculos y las oportunidades para la mitigación y la formación.

13.1.1. Objetivo del informe nacional

El objetivo de este informe nacional es presentar una visión general exhaustiva de la situación de los microplásticos y las microfibras en Grecia, haciendo hincapié en su relevancia para el ciclo de vida de los textiles y en los impactos ambientales asociados. Esto incluye sintetizar los hallazgos científicos, evaluar las características sectoriales nacionales e identificar los retos y oportunidades específicos del país. El informe sigue la estructura común definida en la Tarea T2.1: Estado actual de la técnica en el ámbito de la liberación de microplásticos y microfibras sintéticas de los productos de moda al agua del proyecto Erasmus+ número: 2025-1-ES01-KA220-HED-000356411, Soluciones sostenibles en la industria textil para reducir la liberación de microplásticos/fibras sintéticas, MicroWeave-TEX, con el fin de garantizar la comparabilidad entre los países participantes y contribuir al informe sobre el estado actual de la técnica a nivel europeo (D2.1).

Ámbito y estructura

Este informe abarca:

- una introducción al problema de los microplásticos en el contexto griego;
- una visión general de la industria textil nacional;
- una evaluación de la relevancia de los microplásticos y las microfibras en Grecia;

- la identificación de las fuentes nacionales de emisión de microfibras a lo largo del ciclo de vida de los textiles; y
- la recopilación de estudios científicos y técnicos elaborados por organizaciones griegas.

Los siguientes capítulos ofrecen análisis detallados basados en publicaciones revisadas por pares, informes nacionales, documentos científicos publicados en línea y datos complementarios obtenidos de fuentes web para contextualizar las políticas y la industria.

13.2. Panorama general de la industria textil nacional

La industria textil y de la confección griega es uno de los sectores manufactureros más antiguos del país y, a lo largo de la historia, ha desempeñado un papel significativo en el empleo y las exportaciones nacionales. Aunque el sector sufrió un declive a partir de principios de la década de 2000 debido al aumento de la competencia de los países con bajos costes de producción, sigue siendo una parte destacada del panorama manufacturero griego. En la actualidad, la industria se caracteriza por una combinación de pequeñas y medianas empresas (pymes), empresas integradas verticalmente y productores especializados que se centran en tejidos de alta calidad, procesamiento de algodón, fabricación de hilo, textiles técnicos y productos de moda de nicho. Según datos recientes de la Asociación Helénica de la Industria de la Moda (SEPEE), Grecia cuenta con más de 1.200 empresas textiles y de confección, que dan empleo a más de 25.000 trabajadores, con unas exportaciones anuales que superan los 2.000 millones de euros, principalmente a los Estados miembros de la UE (SEPEE, 2023). Estas características estructurales consolidan a Grecia como un actor europeo de tamaño medio pero sólido, cuyos esfuerzos de modernización se orientan cada vez más hacia la sostenibilidad y una producción más limpia (Eurostat, 2023).

En lo que respecta a la producción y el uso de fibras, la industria textil griega ha dependido históricamente en gran medida del algodón, ya que Grecia es el mayor país productor de algodón de la Unión Europea. Los tejidos e hilos de algodón siguen constituyendo una parte fundamental de la producción del sector, pero las fibras sintéticas —en particular el poliéster, la poliamida, los acrílicos y los tejidos mezclados— han ido ganando protagonismo debido a su asequibilidad, durabilidad y adaptabilidad a los mercados de la moda. El aumento del uso de fibras sintéticas está directamente relacionado con la contaminación por microfibras, ya que las prendas de poliéster y poliamida desprenden fibras durante el lavado, el uso y los procesos de producción. Esta tendencia concuerda con los tipos de polímeros identificados en los entornos acuáticos griegos, donde el polietileno (PE) y el polipropileno (PP), a menudo asociados con los envases y los textiles sintéticos, dominan las cargas de microplásticos. Por ejemplo, estudios realizados en el golfo Termaico revelaron que el PE y el PP eran los polímeros microplásticos más comunes en las aguas superficiales, los sedimentos y los peces comerciales, lo que refleja tanto el uso de textiles por parte de los consumidores como las fuentes industriales (Kermenidou et al., 2023).

Desde el punto de vista geográfico, la industria textil en Grecia se concentra en el norte del país, concretamente en Macedonia Central (región de Tesalónica), Macedonia Oriental y Tracia, y Tesalia. Estas regiones albergan hilanderías, unidades de tejido y punto, tintorerías, plantas de acabado y fabricantes de prendas de vestir. La concentración de actividades textiles genera presiones localizadas

en las redes de aguas residuales, especialmente en zonas donde los efluentes industriales se vierten a los ríos o a las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (PTAR). Estas vías de vertido se han relacionado con la liberación de microplásticos en las aguas griegas. Por ejemplo, investigaciones recientes en el río Kifissos (Atenas), aunque no están vinculadas exclusivamente a las fábricas textiles, muestran que los efluentes urbanos e industriales contribuyen de manera significativa a las cargas de microplásticos en los ecosistemas de agua dulce, lo que pone de relieve las vulnerabilidades en las que regiones similares con una intensa actividad textil también pueden suponer un riesgo (Koutsikos et al., 2023).

La innovación industrial en Grecia se centra cada vez más en el rendimiento medioambiental, impulsada tanto por la normativa de la UE como por la demanda del mercado. Varias empresas griegas han adoptado métodos de producción más limpios, como el reciclaje de agua, sistemas avanzados de filtración y la reducción del consumo de productos químicos en los procesos de tintura y acabado. Sin embargo, la adopción de tecnologías específicas de filtración de microfibras sigue siendo limitada, especialmente entre las pymes, debido a las barreras de coste y a la falta de directrices a nivel nacional. Iniciativas financiadas por la UE, como el proyecto CLAIM, en el que participaron activamente instituciones griegas, han demostrado soluciones tecnológicas que podrían ser adaptadas por el sector textil. El proyecto puso a prueba tecnologías de filtración de microplásticos en entornos de tratamiento de aguas residuales y mostró altas tasas de retención (hasta el 95 %), lo que ilustra el potencial de dichos sistemas para los efluentes textiles industriales (Gkanasos et al., 2021).

Desde una perspectiva de mercado, el sector griego se está orientando cada vez más hacia segmentos de alto valor, como los textiles técnicos, la ropa deportiva, los tejidos ecológicos y la producción de moda en pequeñas series. Estos cambios pueden influir en los perfiles de las microfibras, dado el creciente uso mundial de textiles sintéticos de alto rendimiento que desprenden fibras durante la producción y el lavado doméstico. La prevalencia de las mezclas sintéticas también concuerda con las características morfológicas de los microplásticos encontrados en las marinas griegas, donde las fibras representan una fracción significativa de las partículas identificadas, especialmente en golfos con influencia urbana como el de Saronikos (Adamopoulou et al., 2021).

En general, la industria textil griega, aunque no es tan grande como en décadas anteriores, sigue siendo un sector nacional importante con notables repercusiones medioambientales. Su dependencia de las fibras sintéticas, combinada con una infraestructura de aguas residuales obsoleta y un gran mercado de consumo, la posiciona como un contribuyente relevante a las emisiones de microfibras. Comprender estas características industriales es esencial para identificar puntos de intervención estratégicos a lo largo del ciclo de vida de los textiles, desde la selección de la materia prima hasta la producción, el uso y la gestión al final de la vida útil.

13.3. Importancia de los microplásticos y las microfibras en el contexto nacional

Los microplásticos y las microfibras se han convertido en un problema medioambiental cada vez más importante en Grecia, debido a la elevada densidad de población costera del país, al intenso turismo y a la dependencia de los tejidos sintéticos. El mar Mediterráneo está reconocido como una de las

principales cuencas de acumulación de microplásticos del mundo, y los estudios muestran que el Mediterráneo oriental y las aguas griegas albergan concentraciones comparables a las de los puntos críticos a nivel mundial. Investigaciones griegas han demostrado que los microplásticos, especialmente las fibras, se encuentran en las aguas superficiales, los sedimentos, las playas y los organismos marinos, lo que indica su presencia generalizada y su aporte continuo tanto desde fuentes terrestres como marítimas (Adamopoulou et al., 2021).

En Grecia, las microfibras revisten especial relevancia porque están estrechamente vinculadas al uso de textiles y a los hábitos de lavado. El mercado nacional se ha orientado cada vez más hacia las prendas basadas en fibras sintéticas (poliéster, nailon, acrílico), reflejando las tendencias mundiales de la moda rápida. Esto se refleja en los tipos de polímeros encontrados en los entornos marinos griegos, donde el PE y el PP, comunes en las mezclas textiles, dominan los perfiles de microplásticos. Las investigaciones realizadas en el golfo Termaico, una de las zonas costeras más industrializadas de Grecia, revelaron una abundancia extremadamente elevada de microplásticos en el agua de mar y los sedimentos, siendo el PE y el PP los polímeros principales, muchos de ellos con forma de fibra, lo que sugiere una conexión con el uso y la fragmentación de los textiles (Kermenidou et al., 2023).

El turismo aumenta considerablemente la relevancia de los microplásticos en el contexto griego. Grecia recibe más de 30 millones de visitantes al año, y las actividades de verano se concentran principalmente en las costas. Se han documentado aumentos estacionales de la carga de microplásticos y macrolplásticos en numerosas iniciativas nacionales de seguimiento, incluido el informe nacional de 2022 del HCMR sobre las playas griegas, en el que las fibras sintéticas constituían una de las categorías de microplásticos más comunes. El informe destaca que la generación de residuos impulsada por el turismo, el lavado de la ropa de cama de los alojamientos turísticos y el mayor uso de textiles recreativos contribuyen a las presiones de contaminación por microplásticos (HCMR, 2022).

A nivel ecológico, los estudios griegos demuestran de forma sistemática que los microplásticos, incluidas las fibras, son ingeridos por organismos marinos de todos los niveles tróficos, incluidas especies clave de los ecosistemas nacionales. Se descubrió que los erizos de mar (*Paracentrotus lividus*) recolectados en el mar Jónico ingerían microplásticos presentes en los sedimentos, algunos de los cuales presentaban biomarcadores de estrés oxidativo relacionados con la exposición (Digka et al., 2023).

Además, se detectan con frecuencia partículas en forma de fibra en el tracto digestivo de especies de peces de importancia comercial en el golfo Termaico y otras zonas, lo que indica posibles vías de transferencia trófica hacia los seres humanos, dado el elevado consumo de marisco en Grecia (Kermenidou et al., 2023).

La relevancia de los microplásticos también está relacionada con las especies emblemáticas en peligro de extinción de Grecia. Un estudio que utilizó muestreos no invasivos de las heces de la foca monje del Mediterráneo (*Monachus monachus*) en Zante reveló una ingestión considerable de microplásticos, principalmente de partículas pequeñas (<3 mm), junto con aditivos ftalatos. Las fibras constituían una proporción importante de los elementos ingeridos, lo que ilustra cómo las microfibras derivadas de los textiles penetran incluso en hábitats marinos remotos o protegidos (Hernández-Milian et al., 2023).

Los sistemas de agua dulce aumentan aún más la relevancia nacional de las microfibras, ya que los ríos actúan como principales vías de transporte desde las zonas urbanas hacia los mares costeros. Una investigación sobre el río Kifissos, un río muy urbanizado que atraviesa Atenas, reveló que los microplásticos, incluidas las fibras, abundaban tanto en el agua como en el tracto gastrointestinal de los peces. Los tipos de polímeros identificados (PE, PP, PVA) coinciden con materiales textiles y de embalaje comunes, lo que sugiere que el lavado doméstico, la escorrentía de las carreteras y los vertidos industriales son factores contribuyentes (Koutsikos et al., 2023). Esto es especialmente relevante dado que muchas plantas de tratamiento de aguas residuales griegas no están equipadas con sistemas de filtración avanzados capaces de capturar microfibras.

En general, los microplásticos y las microfibras revisten una gran importancia medioambiental, social y económica para Grecia, debido a los patrones de consumo textil del país, las características geográficas de su litoral y sus sensibilidades ecológicas. La presencia constante de fibras de origen textil en todos los compartimentos medioambientales pone de manifiesto la necesidad de estrategias de mitigación específicas, adaptadas a los hábitos y la infraestructura nacionales.

13.3.1. Concienciación a nivel nacional y atención política

En Grecia, la concienciación sobre la contaminación por microplásticos ha aumentado considerablemente durante la última década, impulsada por publicaciones científicas, campañas de ONG y obligaciones normativas impuestas por la UE. Los medios de comunicación nacionales destacan con frecuencia los hallazgos de microplásticos en las aguas griegas, especialmente en torno a destinos turísticos populares como Zante, Creta y las islas del Egeo. Las iniciativas de sensibilización pública de organizaciones medioambientales, entre ellas Aegean Rebreath, WWF Grecia y el HCMR, han contribuido a movilizar a la ciudadanía mediante limpiezas de playas, campañas de muestreo de ciencia ciudadana y talleres educativos. Los datos de la encuesta nacional HCMR–Aegean Rebreath 2022 apuntan a un fuerte reconocimiento social de los problemas relacionados con los microplásticos, en particular en lo que respecta a los residuos en las playas y los fragmentos de fibra (HCMR, 2022).

A nivel normativo, Grecia aplica la Directiva Marco sobre la Política Marina (MSFD) mediante programas nacionales de seguimiento que incluyen indicadores de microplásticos. Sin embargo, las microfibras en concreto aún no se cuantifican de forma independiente en la legislación nacional, a pesar de su reconocida relevancia medioambiental. El proyecto CLAIM, que contó con una importante participación griega, demostró que los sistemas de aguas residuales pueden diseñarse para eliminar los microplásticos, pero la política nacional aún no ha impuesto el uso de tecnologías de captura de fibras en los electrodomésticos ni en las instalaciones industriales (Gkanasos et al., 2021).

Además, Grecia ha transpuesto las directivas de la UE que prohíben determinados plásticos de un solo uso, pero estas medidas se centran principalmente en los macroplásticos y no en las microfibras, lo que pone de manifiesto una laguna normativa. La creciente presencia de microplásticos en especies de marisco de importancia comercial, tal y como se ha documentado en el golfo Termaico y otras regiones, ha suscitado preocupación entre las autoridades de salud pública y los consumidores, lo que ha motivado nuevas investigaciones y un seguimiento a largo plazo (Kermenidou et al., 2023).

Relevancia industrial y social

Las microfibras revisten especial importancia para el sector textil y de la moda griego, los patrones de consumo doméstico y la infraestructura de aguas residuales. La creciente dependencia de los tejidos sintéticos en Grecia, impulsada por su asequibilidad y las tendencias de la moda rápida, da lugar a un mayor desprendimiento de microfibras durante el lavado. Dado que casi todos los hogares utilizan lavadoras convencionales que carecen de filtros de microfibras, cada día se vierten grandes cantidades de fibras en los sistemas de aguas residuales. La falta de filtración terciaria avanzada en muchas EDAR griegas aumenta la probabilidad de que las microfibras lleguen a los ríos y, en última instancia, al mar.

La relevancia industrial es igualmente significativa: los clústeres de producción textil del norte de Grecia incluyen numerosas operaciones de tinte, estampado y acabado, que son conocidas a nivel mundial por generar efluentes ricos en microfibras. Aunque las industrias griegas adoptan cada vez más prácticas respetuosas con el medio ambiente, las soluciones de captura de fibras siguen estando en gran medida ausentes. Los resultados del proyecto CLAIM ponen de relieve cómo los sistemas de aguas residuales industriales y municipales pueden liberar fibras de forma involuntaria, lo que refuerza la relevancia de las microfibras en la fase de producción (Gkanasos et al., 2021).

Desde el punto de vista social, la contaminación por microfibras incide directamente en la identidad de Grecia como nación costera basada en el turismo. Las playas limpias son fundamentales para la economía turística del país, y la creciente concienciación pública sobre las microfibras, a menudo visibles como fragmentos similares a pelusas en la arena, ejerce presión para que las autoridades locales y las empresas tomen medidas. La detección generalizada de fibras en especies marinas griegas, incluidas las focas monje en peligro de extinción y los peces de consumo habitual, aumenta aún más la percepción de urgencia entre los ciudadanos y las partes interesadas (Hernández-Milian et al., 2023).

13.4. Fuentes nacionales de emisión de microfibras

Las emisiones de microfibras en Grecia se producen a lo largo de todo el ciclo de vida de los textiles, desde la producción industrial hasta el uso por parte de los consumidores y la eliminación final, lo que refleja tanto las características estructurales del sector textil griego como los patrones de consumo nacionales. Los datos de estudios marinos y de agua dulce realizados en Grecia muestran de forma sistemática altas proporciones de microplásticos con forma de fibra en las muestras ambientales, lo que pone de relieve la importancia de comprender su origen y sus vías de propagación.

13.4.1. Fase de producción

Fuentes industriales de emisión

Las emisiones de microfibras durante la fabricación textil en Grecia proceden principalmente de las operaciones de hilado, tejido/punto, cepillado, corte, teñido, lavado y acabado. El norte de Grecia alberga la mayor parte de las instalaciones de acabado textil, tintorerías y plantas de procesamiento, muchas de las cuales utilizan fibras sintéticas como el poliéster, la poliamida y las mezclas acrílicas, materiales que se sabe que desprenden fibras durante la abrasión mecánica y el procesamiento en húmedo. Aunque no existen estudios específicos sobre la cuantificación de microfibras industriales en Grecia, investigaciones internacionales demuestran que el acabado textil preconsumo puede

desprender millones de fibras por kilogramo de tejido, especialmente durante el cepillado y el acabado mecánico. Esto concuerda con los tipos de polímeros encontrados en las muestras marinas griegas, principalmente PE y PP, lo que indica que los fragmentos industriales contribuyen a la carga ambiental (Kermenidou et al., 2023).

Etapas del proceso que más contribuyen

Los procesos que implican agitación mecánica (cepillado, cardado y estiramiento) y el tratamiento en húmedo (tintura, descrudado, lavado enzimático) se reconocen a nivel mundial como las principales fuentes de emisión de microfibras. En el contexto griego, los clústeres industriales que vierten aguas residuales a los ríos o a las redes municipales aumentan el riesgo de que las microfibras eludan los sistemas de filtración insuficientes. Los datos del proyecto CLAIM en instalaciones de tratamiento de aguas residuales griegas confirman que los microplásticos, incluidas las partículas en forma de fibra, están presentes en los efluentes y que la filtración avanzada puede eliminar hasta el 95 % de ellos. Esto demuestra tanto la presencia de microplásticos en las aguas residuales industriales y urbanas como el potencial de las tecnologías de mitigación (Gkanasos et al., 2021).

13.4.2. Fase de uso

Etapas de uso por parte del consumidor

La mayor parte de las emisiones de microfibras en Grecia proviene del lavado doméstico, ya que las prendas sintéticas predominan en el mercado textil nacional. Cada ciclo de lavado libera entre miles y millones de microfibras, dependiendo del tipo de tejido, el detergente y las condiciones del agua. Dado que casi todos los hogares griegos utilizan lavadoras convencionales sin filtros de fibras, estas llegan sin obstáculos a las redes de aguas residuales.

Las fibras son la morfología de microplásticos más frecuente documentada en los entornos marinos griegos, como los golfos del Egeo, Jónico, Thermaico y Saronico, lo que confirma que el lavado doméstico contribuye de manera significativa a la carga ambiental de fibras (Adamopoulou et al., 2021).



Hábitos de lavado específicos de Grecia

Los hogares griegos suelen lavar la ropa a temperaturas de entre 30 y 40 °C, utilizando con frecuencia programas de lavado rápido y altas velocidades de centrifugado, condiciones que se sabe que aumentan la pérdida de fibras. Además:

- Muchos hogares secan la ropa al aire libre, donde la luz solar y la abrasión aumentan la fragmentación de las fibras a largo plazo.
- La frecuencia de lavado es ligeramente mayor en las regiones turísticas durante el verano debido a la rotación de huéspedes en los alojamientos de corta estancia.
- Los centros turísticos costeros (Cícladas, Creta, Islas Jónicas) experimentan aumentos estacionales en las cargas de lavado procedentes de hoteles y alojamientos de alquiler, lo que añade presión a los sistemas locales de aguas residuales.

Los hallazgos en Zante, una isla con un alto nivel de turismo estacional, revelan una mayor presencia de microplásticos en los sedimentos y los organismos marinos, lo que respalda la correlación entre la actividad turística y la aportación de microplásticos (Digka et al., 2023).

Mercados locales de detergentes

Los consumidores griegos recurren en gran medida a los detergentes en polvo y a los suavizantes con fragancias. Los detergentes en polvo, de naturaleza abrasiva, pueden aumentar la pérdida de fibras durante la acción mecánica. El uso generalizado de suavizantes puede reducir la electricidad estática, pero no reduce de forma significativa la liberación de microfibras.

Efectos de la dureza del agua

Gran parte de Grecia, especialmente Atenas, Tesalia, Creta y el Dodecaneso, tiene agua de dura a muy dura. El agua dura aumenta la tensión mecánica sobre los tejidos, lo que provoca:

- una mayor pérdida de fibras por lavado,
- un mayor consumo de detergente,
- temperaturas de lavado más altas, y
- una degradación más rápida de las prendas sintéticas.

Estos factores se reflejan indirectamente en estudios que muestran altas cargas de fibras en sistemas acuáticos con influencia urbana, como el río Kifissos y el golfo Sarónico (Koutsikos et al., 2023).

13.4.3. Gestión al final de la vida útil

Prácticas de eliminación

La gestión del fin de la vida útil de los textiles en Grecia sigue siendo limitada, y la mayoría de las prendas usadas:

- se eliminan con los residuos municipales no selectivos,
- se exportan como ropa de segunda mano, o
- son recogidas de manera informal por organizaciones benéficas.

El vertido sigue siendo el método predominante de eliminación de residuos, y los textiles se fragmentan lentamente en los vertederos, generando gradualmente microfibras que pueden filtrarse al lixiviado o difundirse a los suelos circundantes.

Las partículas similares a fibras encontradas en muestras de la costa y las playas griegas respaldan la hipótesis de que la filtración terrestre difusa contribuye a las cargas de microplásticos (HCMR, 2022).

Estrategias nacionales sobre residuos textiles

Grecia ha comenzado a alinearse con los requisitos de la economía circular de la UE mediante la introducción de sistemas de responsabilidad ampliada del productor (EPR) para los textiles, que se espera que estén plenamente operativos para 2025-2026. Sin embargo:

- Actualmente no existe una estrategia nacional específica sobre microfibras.
- Las tasas de recogida de textiles siguen siendo bajas.
- Los municipios rara vez separan los textiles.

En consecuencia, las microfibras siguen escapándose al medio ambiente a través de la eliminación inadecuada y la fragmentación de los residuos textiles no gestionados.

Sistemas nacionales de tratamiento de aguas residuales

Grecia cuenta con más de 400 plantas de tratamiento de aguas residuales, pero muchas islas pequeñas y zonas rurales carecen de tratamiento terciario. Las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes eliminan una parte de los microplásticos mediante sedimentación, pero las microfibras son demasiado pequeñas y flotantes, lo que les permite pasar.

Los datos de estudios griegos muestran lo siguiente:

- Las fibras predominan en los perfiles de microplásticos de las aguas costeras cercanas a Atenas y Tesalónica, lo que indica rutas de escape de las PTAR (Adamopoulou et al., 2021).
- Las fibras están presentes en sistemas fluviales como el Kifissos, lo que confirma una captura incompleta aguas arriba (Koutsikos et al., 2023).
- Los ensayos del proyecto CLAIM en Grecia demostraron que los microplásticos persisten incluso tras el tratamiento convencional, lo que pone de relieve la necesidad de tecnologías de filtración avanzadas (biorreactores de membrana, filtros de arena dinámicos, electrocoagulación) (Gkanasos et al., 2021).

La insuficiencia de las infraestructuras de aguas residuales en las islas pequeñas, unida al intenso turismo, hace que la fuga de microfibras sea especialmente grave durante los meses de mayor afluencia.

13.5. Estudios científicos y técnicos nacionales

Grecia ha desarrollado una base de investigación sólida y en rápida expansión sobre los microplásticos y, cada vez más, sobre las microfibras, que abarca los entornos marinos, de agua dulce y de la biota. Los estudios nacionales documentan la presencia de microplásticos en aguas de mar abierto, zonas costeras, ríos, sedimentos, peces comerciales, invertebrados y mamíferos marinos protegidos, a

menudo centrándose en el Mediterráneo oriental. En conjunto, proporcionan una base científica sólida para comprender las fuentes, las vías de entrada y los impactos de los microplásticos, que puede aprovecharse directamente para la investigación sobre microfibras relacionadas con el sector textil.

13.5.1. Instituciones de investigación activa

El Centro Helénico de Investigación Marina (HCMR) es la principal institución nacional en materia de microplásticos, con múltiples institutos y laboratorios dedicados al seguimiento, la investigación experimental y el desarrollo de métodos. El Instituto de Oceanografía ha elaborado estudios clave sobre los microplásticos flotantes en los mares Jónico, Egeo y Levantino, caracterizando las concentraciones, las formas y los tipos de polímeros en relación con los patrones de circulación y la proximidad a fuentes urbanas (Adamopoulou et al., 2021).

El Instituto de Recursos Biológicos Marinos y Aguas Continentales (IMBRIW) contribuye a los estudios continentales y costeros y cuenta con instalaciones avanzadas para la extracción y el análisis de microplásticos, tal y como se documenta en su evaluación institucional, que destaca el seguimiento de la contaminación acuática y los indicadores biológicos (IMBRIW, 2022).

Varias universidades griegas cuentan con grupos de investigación activos en el ámbito de los microplásticos. La Universidad del Egeo (Departamento de Ciencias Marinas y Departamento de Medio Ambiente) colabora estrechamente con el HCMR en estudios de campo y de biomonitorización en entornos marinos y de agua dulce, incluida la ingestión de microplásticos por parte de erizos de mar y peces de río. La Universidad Aristóteles de Tesalónica (AUTH), especialmente a través del Laboratorio de Ingeniería Ambiental y de los centros de investigación afiliados (por ejemplo, el Centro de Investigación HERACLES), lidera el trabajo sobre microplásticos en el golfo Termaico, integrando el monitoreo ambiental con evaluaciones de exposición y de salud humana.

Las organizaciones de investigación no gubernamentales también desempeñan un papel clave. Archipiélagos - Instituto de Conservación Marina colabora con el HCMR y socios italianos en la investigación sobre la foca monje, aplicando métodos no invasivos para detectar microplásticos y aditivos plásticos en las heces (Hernández – Milian et al., 2023). Estas instituciones cuentan con una amplia gama de infraestructuras de laboratorio, que incluyen espectroscopia FT-IR y μ FT-IR, espectroscopia Raman, estereomicroscopía y laboratorios bioquímicos y de biomarcadores, para caracterizar las partículas y evaluar los efectos biológicos, tal y como se detalla en los estudios de casos nacionales.

13.5.2. Proyectos de investigación universitarios

Las universidades griegas han liderado o coliderado múltiples proyectos de investigación centrados en los microplásticos y las microfibras, a menudo en colaboración con el HCMR. En las aguas costeras y de mar abierto del Mediterráneo oriental, Adamopoulou et al. (2021) cuantificaron los microplásticos flotantes y exploraron los patrones de distribución en relación con las fuentes y las manchas superficiales, revelando una alta variabilidad y el predominio de PE, PP y PS en las aguas griegas, polímeros estrechamente asociados con los envases y los textiles. En el golfo Termaico, Kermenidou et al. (2023) llevaron a cabo uno de los primeros estudios integrados sobre microplásticos en aguas superficiales, sedimentos de playa y peces comerciales, documentando abundancias extremadamente

elevadas (hasta millones de partículas por km²) y destacando el PE y el PP como los polímeros predominantes.

Las colaboraciones entre la universidad y el HCMR también se han centrado en los efectos biológicos y los bioindicadores. Digka et al. investigaron la ingestión de microplásticos en erizos de mar *Paracentrotus lividus* silvestres en Zante y la relacionaron con biomarcadores de estrés oxidativo, neurotoxicidad y genotoxicidad, demostrando respuestas fisiológicas sutiles incluso a concentraciones ambientales relativamente bajas (Digka et al., 2023). Hernández-Milian et al. (2023) desarrollaron un método no invasivo utilizando heces de foca monje del Mediterráneo para evaluar la ingestión de microplásticos y aditivos plásticos, demostrando la presencia de 166 partículas de microplástico y varios ftalatos en muestras de una cueva marina de Zante.

Los proyectos centrados en el agua dulce amplían este trabajo hacia el interior. Koutsikos et al. (2023) analizaron los microplásticos en el río Kifissos, un río urbano que atraviesa el área metropolitana de Atenas, utilizando una especie de pez introducida como bioindicador. El estudio puso de manifiesto una contaminación moderada por microplásticos en el tracto gastrointestinal de los peces y en el agua del río, siendo el PE, el PVA y el PP los polímeros predominantes, y relacionó estos hallazgos con la escorrentía urbana y los vertidos de aguas residuales. Equipos griegos han llevado a cabo trabajos complementarios sobre los ríos y los efluentes de aguas residuales que desembocan en el mar Egeo, proporcionando los primeros registros de las cantidades y tipos de microplásticos en los efluentes fluviales y de las EDAR, y confirmando su papel como vías de acceso al mar (Zeri et al., 2021).

La experiencia en contaminación histórica y biomarcadores desarrollada en Grecia también sustenta la capacidad actual de investigación sobre microplásticos. Los primeros estudios sobre marcadores bioquímicos de contaminación en mejillones (*Mytilus galloprovincialis*) del golfo de Saronikos establecieron protocolos para el biomonitoreo y la evaluación de la respuesta a los contaminantes que desde entonces se han adaptado al contexto de la exposición a microplásticos y aditivos (Tsangaris et al., 2004).

13.5.3. Investigación industrial y actividades nacionales de I+D

La investigación vinculada a la industria sobre los microplásticos en Grecia es especialmente notable en el proyecto CLAIM de Horizonte 2020, en el que pymes y empresas de ingeniería griegas colaboraron con el HCMR para desarrollar y probar soluciones tecnológicas dirigidas directamente a las emisiones de plásticos y microplásticos. Gkanasos et al. (2021) describen el diseño y la implantación del sistema CLEAN TRASH en el estuario del río Kifissos y un sistema de filtración de microplásticos instalado en la planta de tratamiento de aguas residuales de Megara, que demostró una retención de aproximadamente el 90 % para los macroplásticos y de aproximadamente el 95 % para los microplásticos a escala de laboratorio.

La PYME griega New Naval lideró el desarrollo y las pruebas de campo del sistema de recogida de residuos fluviales dentro de CLAIM, centrándose en la interceptación de macroplásticos y microplásticos en las desembocaduras de los ríos que desembocan en el golfo de Saronikos (New Naval, 2024). Estos proyectos piloto, aunque no son específicos para los textiles, son directamente relevantes para la futura mitigación de las microfibras, ya que tecnologías similares podrían adaptarse a los efluentes de la industria textil o a las cuencas urbanas con altas cargas de fibras. Además,

empresas griegas activas en el tratamiento de aguas residuales y tecnologías medioambientales (por ejemplo, Waste & Water SARL, también participante en CLAIM) han construido una infraestructura de pruebas para sistemas de filtración, pretratamiento y oxidación avanzada que pueden aplicarse a la eliminación de microplásticos y microfibras.

Las iniciativas nacionales y regionales sobre los residuos marinos en general, en las que suelen participar cámaras de comercio, autoridades portuarias e industrias locales, han aportado datos, proyectos piloto y sensibilización en relación con los microplásticos. Por ejemplo, la colaboración entre el HCMR y las partes interesadas locales en los golfos de Saronikos y Termaico ha combinado el seguimiento de los microplásticos en la biota y los sedimentos con debates sobre la gestión de residuos portuarios, las prácticas de transporte marítimo y las escorrentías urbanas, sentando así las bases para futuras actividades de I+D específicas en el sector textil.

13.5.4. Participación en proyectos de la UE

Las instituciones griegas han participado muy activamente en proyectos financiados por la UE relacionados con los residuos marinos y los microplásticos, que aportan conocimientos e infraestructuras esenciales para el trabajo centrado en las microfibras.

- Horizonte 2020 – CLAIM (Limpieza de residuos mediante el desarrollo y la aplicación de métodos innovadores en los mares europeos): Coordinado por el HCMR, CLAIM reunió a 19 instituciones (incluidas seis pymes) para desarrollar nuevas estrategias de prevención de los residuos plásticos marinos, centrándose en barreras fluviales, filtración de microplásticos en plantas de tratamiento de aguas residuales y modelización. Los socios griegos lideraron el desarrollo tecnológico, los ensayos de campo y la modelización para el Mediterráneo oriental.
- Interreg MED – Plastic Busters MPAs: Este proyecto, con participación griega, abordó el ciclo completo de gestión de los residuos marinos en las Áreas Marinas Protegidas del Mediterráneo, desde el seguimiento y la evaluación hasta la prevención y la mitigación. El proyecto armonizó los métodos de seguimiento de los microplásticos y generó recomendaciones de políticas para las AMP de varios países, incluidos los emplazamientos griegos.
- Interreg e iniciativas relacionadas – ACT4LITTER y la familia de proyectos Plastic Busters: instituciones y expertos griegos han participado en sucesivos proyectos Interreg centrados en la gestión de los residuos plásticos marinos y en las hojas de ruta políticas en el Mediterráneo, que integran las preocupaciones sobre los microplásticos en marcos más amplios de economía circular y protección marina.
- Erasmus+ – Sea4All y proyectos educativos relacionados: socios griegos (por ejemplo, la Dirección Regional de Educación Primaria y Secundaria de Creta, Archipiélagos, universidades) han participado en proyectos Erasmus+ como Sea4All, que desarrollan materiales educativos y herramientas digitales para sensibilizar a profesores y alumnos sobre la contaminación marina, incluidos los plásticos y los microplásticos.

Estos proyectos de la UE han reforzado significativamente la capacidad griega en materia de muestreo, análisis, modelización, tecnologías de mitigación y educación sobre los microplásticos. También

constituyen un puente directo entre los hallazgos científicos nacionales y los procesos políticos a nivel europeo, lo que los hace muy relevantes para la integración de las cuestiones relacionadas con las microfibras textiles en los futuros planes de estudios, materiales de formación y participación de las partes interesadas en el marco del WP2.

13.6. Estudios de caso

En Grecia, la mayoría de las medidas para hacer frente a la contaminación por microplásticos se han centrado en tres ámbitos clave: los ecosistemas marinos, la gestión de las aguas residuales y las actividades relacionadas con este ámbito, y la zona costera. Esto refleja la extensa costa de Grecia y la importancia de las infraestructuras relacionadas con el agua y las actividades marítimas. A pesar del alcance limitado de las medidas aplicadas que se dirigen explícitamente a los microplásticos derivados de los textiles, varios estudios empíricos e iniciativas piloto han aportado datos relevantes sobre vías de mitigación, especialmente en el ámbito de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y los textiles técnicos relacionados con la pesca. Los siguientes estudios de caso ilustran ejemplos representativos de Grecia con relevancia demostrada en la contaminación por microplásticos relacionados con los textiles (Adamopoulou et al., 2021; HCMR, 2022; WWF, 2025).

13.6.1. CLAIM - Reducción de los microplásticos en las plantas de tratamiento de aguas residuales

Contexto

El proyecto CLAIM (Limpieza de residuos mediante el desarrollo y la aplicación de métodos innovadores en los mares europeos) es una iniciativa de investigación de Horizonte 2020 en la que participan organismos de investigación griegos, entre ellos el Centro Helénico de Investigación Marina (HCMR). La iniciativa se centra en el desarrollo y la puesta a prueba de nuevos métodos para reducir los residuos marinos. En el contexto de Grecia, CLAIM ha examinado los aportes fluviales y las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) como vías críticas de entrada de microplásticos en los entornos marinos. Esto es especialmente relevante en las cuencas urbanas que desembocan en el golfo Sarónico (Gkanasos et al., 2021; Tsangaris et al., 2004; HCMR, 2022).

Problema identificado

Las EDAR convencionales no están diseñadas específicamente para capturar microplásticos y microfibras. Aunque durante el tratamiento se retiene una proporción significativa de partículas, los microplásticos residuales pueden liberarse con los efluentes tratados, mientras que una fracción considerable se transfiere a la línea de lodos. Esto genera presiones ambientales continuas, tanto a través de los vertidos acuáticos como de las prácticas de gestión de lodos. Las microfibras de origen textil, generadas principalmente durante el lavado doméstico, se reconocen como parte de este flujo de entrada.

Intervención implementada

En el marco de CLAIM, se desarrollaron y probaron soluciones tecnológicas integradas para interceptar los microplásticos antes de que lleguen a los entornos marinos. El enfoque combinó sistemas de captura en el río con tecnologías de retención aplicadas en las entradas y salidas de las EDAR. Estas soluciones se diseñaron para funcionar como módulos complementarios dentro de las infraestructuras

de tratamiento existentes, sin interferir en los procesos estándar. Las pruebas piloto abarcaron una amplia gama de tamaños y morfologías de partículas, incluidos los microplásticos fibrosos propios de la abrasión textil (Gkanasos et al., 2021).

Resultados cuantitativos (reducción en kg/año, %, etc.)

Las pruebas a escala piloto y de laboratorio demostraron una eficacia en la eliminación de microplásticos de hasta el 95 %, dependiendo de las características de las partículas y las condiciones operativas. Los escenarios de modelización adaptados al contexto urbano griego sugirieron que la aplicación de dichos sistemas podría dar lugar a una reducción estimada de aproximadamente el 87 % de las cargas de microplásticos que llegan a los entornos marinos en un periodo de dos años. El espectro de partículas retenidas incluía microplásticos fibrosos, aunque los resultados no se atribuyeron exclusivamente a fuentes textiles (Gkanasos et al., 2021).

Participación de las partes interesadas

La implementación de CLAIM supuso la colaboración entre instituciones de investigación, autoridades municipales de aguas y socios europeos del proyecto. Las partes interesadas griegas desempeñaron un papel importante al proporcionar datos operativos e información específica de cada emplazamiento, facilitando así la adaptación de las soluciones propuestas a las condiciones reales de la infraestructura. Los resultados del proyecto se difundieron a través de publicaciones científicas y actividades de comunicación dirigidas a las partes interesadas, logrando el doble objetivo de facilitar la transferencia de conocimientos y fomentar su futura replicación.

Lecciones aprendidas

El estudio de caso CLAIM corrobora la afirmación de que las instalaciones de tratamiento de aguas residuales constituyen un punto de intervención fundamental para mitigar las emisiones de microplásticos, incluidas las microfibras procedentes del sector textil. El estudio de caso indica que la integración de complementos tecnológicos en las fases previas a los puntos de vertido al mar puede mejorar sustancialmente la eficacia de la retención. Sin embargo, la eficacia a largo plazo de estas medidas depende en gran medida de la puesta en marcha de programas de seguimiento sistemáticos, de planes de mantenimiento meticulosos y de una integración perfecta con estrategias integrales de reducción en origen.

13.6.2. El arte de la pesca y los textiles técnicos como fuentes marinas de microplásticos

Contexto

El estudio de caso analiza la pesca costera a pequeña escala a lo largo del litoral griego y el grado en que se utilizan en estas actividades equipos de pesca sintéticos, como redes y sedales fabricados con fibras de poliamida (nylon) y polietileno. Estos materiales son «textiles técnicos» diseñados para resistir en entornos marinos adversos. Es evidente que el sector de la pesca comercial representa un tema especialmente relevante en el contexto de los asuntos nacionales, dada la intensidad de las actividades pesqueras y la exposición prolongada de los equipos de pesca al medio marino (Adamopoulou et al., 2021; Kermenidou et al., 2023).

Problema identificado

Las redes y sedales de pesca son instrumentos de uso diario y permanecen en el mar durante períodos de tiempo considerables. Con el tiempo, el uso normal provoca el deterioro del material, lo que da lugar a la liberación de partículas minúsculas en el agua. En caso de pérdida o abandono de los equipos de pesca, este proceso continúa sin control, lo que contribuye a la presencia general de plástico en los entornos marinos. Se necesitan más investigaciones para aclarar en qué medida los polímeros relacionados con la pesca contribuyen a la contaminación por microplásticos (Adamopoulou et al., 2021; Kermenidou et al., 2023).

Intervención llevada a cabo

A nivel nacional, no existe un programa específico destinado a abordar la contaminación por microplásticos procedente de los equipos de pesca. No obstante, varios programas de seguimiento y remediación, respaldados por análisis científicos, han abordado indirectamente esta cuestión. Se ha logrado una clasificación sistemática y exhaustiva de los residuos plásticos según su morfología y tipo de polímero mediante actividades de seguimiento de playas y del medio marino a escala nacional, coordinadas por instituciones de investigación. Esta iniciativa ha allanado el camino para la identificación de materiales fibrosos que guardan un notable parecido con los textiles relacionados con la pesca, facilitando así estrategias eficaces de gestión y remediación en el contexto de la contaminación marina. Estas actividades proporcionan una base científica para el desarrollo de medidas preventivas específicas, como planes mejorados de gestión y recuperación de equipos de pesca (HCMR, 2022; Koutsikos et al., 2023).

Resultados cuantitativos (reducción en kg/año, %, etc.)

Los datos de seguimiento indican que las partículas de plástico fibroso se encuentran en niveles bajos pero persistentes en los entornos costeros y marinos, principalmente en las fracciones de mayor tamaño. Los análisis de polímeros han identificado materiales compatibles con la composición de los equipos de pesca. Aunque no se dispone de cifras específicas de reducción anual, las pruebas apuntan a una contribución continua de los textiles técnicos de origen marino, más que a aportes a corto plazo o esporádicos (Adamopoulou et al., 2021; Digka et al., 2023).

Participación de partes interesadas

La participación de las partes interesadas ha abarcado a organizaciones de investigación, organizaciones no gubernamentales (ONG) medioambientales, pescadores locales y redes de voluntarios dedicados a actividades de seguimiento y retirada de residuos marinos. Aunque los planes de mitigación estructurados e impulsados por la industria tienen un alcance limitado, estas interacciones han aumentado la concienciación sobre los equipos de pesca como fuente de residuos plásticos y contaminación por microplásticos, y han facilitado el intercambio de conocimientos profesionales entre los actores científicos y locales (WWF, 2025).

Lecciones aprendidas

Este estudio de caso destaca los textiles técnicos relacionados con la pesca como una vía distinta y poco abordada de generación de microplásticos en Grecia. A diferencia de las fuentes textiles terrestres, estos materiales liberan partículas directamente en los entornos marinos, sin pasar por los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Abordar esta vía requiere enfoques específicos para el

sector que combinen la prevención, el seguimiento y la formación específica para las partes interesadas del sector pesquero.

13.7. Principales retos y obstáculos

13.7.1. Atribución limitada de los microplásticos a fuentes relacionadas con el sector textil

Dificultades para relacionar los microplásticos observados con los textiles

En el contexto específico de Grecia, existe un reto considerable debido a la complejidad que supone asociar los microplásticos detectados con fuentes concretas, en particular aquellas relacionadas con actividades textiles. La mayoría de los estudios nacionales se han centrado en documentar la presencia, la distribución espacial y los efectos ecológicos de los microplásticos en los entornos marinos y de agua dulce. La cuestión del origen de los microplásticos se ha investigado con menos frecuencia. En consecuencia, la contribución de los textiles se deduce normalmente de forma indirecta, basándose en parámetros como la forma de las partículas o el tipo de polímero. Por el contrario, no se suele emplear la atribución explícita de la fuente.

Las investigaciones realizadas en aguas abiertas y costeras han informado repetidamente de la presencia de partículas fibrosas; sin embargo, estas partículas tienden a constituir una proporción menor de la muestra en comparación con los fragmentos o las espumas, lo que limita su utilidad para la atribución cuantitativa de fuentes (Adamopoulou et al., 2021). En la misma línea, los programas de seguimiento de playas a gran escala coordinados por el Centro Helénico de Investigación Marina (HCMR) han indicado que las fibras no son el tipo de partícula dominante en los sedimentos de las playas. Este hallazgo sugiere que este compartimento ambiental no es adecuado para identificar microplásticos derivados de textiles (HCMR, 2022).

13.7.2. Énfasis en los entornos marinos frente a las fuentes situadas río arriba

Lagunas en el seguimiento de las vías de las aguas residuales y fluviales

Es importante señalar que otra barrera significativa la constituye el gran énfasis que se pone en los entornos marinos y costeros en el contexto de las iniciativas nacionales de seguimiento. Si bien estos estudios proporcionan información esencial sobre la exposición ambiental y los impactos ecológicos, resultan menos eficaces a la hora de cuantificar las emisiones relacionadas con el uso de textiles, que suelen producirse más arriba en el curso de los ríos.

Las investigaciones realizadas en el contexto del estudio de los ríos y el análisis de las aguas residuales han indicado la presencia de partículas de microplásticos, es decir, partículas de menos de 5 mm, incluidos componentes fibrosos, antes de su entrada en el medio marino (Gkanasos et al., 2021; Koutsikos et al., 2023). Esta observación pone de relieve el potencial de los ecosistemas urbanos, como los ríos y las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, como conductos para la distribución de estas partículas en el ecosistema marino. Existe una escasez de datos de seguimiento sistemático para estos compartimentos en Grecia. Esto suscita preocupaciones en relación con la capacidad de establecer estrategias de mitigación eficaces que aborden las emisiones relacionadas con los textiles en su punto de origen o en sus inmediaciones.

13.7.3. Evidencia cuantitativa insuficiente sobre el rendimiento de las medidas de mitigación

Falta de datos de reducción a largo plazo y específicos de cada emplazamiento

A pesar de que se han probado intervenciones piloto y soluciones tecnológicas en condiciones controladas o semioperativas, sigue habiendo una escasez de datos cuantitativos a largo plazo que describan su eficacia en entornos reales. El proyecto CLAIM ha demostrado que se pueden alcanzar altas eficiencias de eliminación en condiciones específicas, y los modelos sugieren reducciones sustanciales en las cargas de microplásticos que entran en los entornos marinos (Gkanasos et al., 2021). Sin embargo, estos resultados aún no están respaldados por datos consistentes a nivel de instalaciones expresados en métricas de reducción anual.

Esta limitación es especialmente evidente en el contexto de las fuentes textiles de origen marino, como los equipos de pesca. Si bien existen varios estudios de seguimiento que han confirmado la presencia de partículas fibrosas compatibles con polímeros relacionados con la pesca, estos estudios no han proporcionado estimaciones cuantificadas de la reducción asociada a medidas específicas de gestión o recuperación (Adamopoulou et al., 2021; Kermenidou et al., 2023).

13.7.4. Limitaciones normativas y reglamentarias

Ausencia de enfoques específicos para los textiles

Desde el punto de vista normativo, los microplásticos derivados de los textiles no se abordan de forma explícita en la normativa vigente. Los marcos reglamentarios nacionales y los marcos estratégicos sectoriales de Grecia abordan principalmente la cuestión de los residuos en el medio marino en términos generales, sin un enfoque detallado que distinga entre los diferentes tipos de materiales o categorías de productos. En consecuencia, los textiles rara vez se tratan como una fuente independiente que requiera medidas de seguimiento o mitigación específicas.

Se han realizado análisis orientados a las políticas que han indicado que este enfoque generalizado tiene el efecto de disminuir la eficacia de las estrategias de prevención y reducir la adopción de soluciones específicas para cada sector. Este es particularmente el caso de los textiles técnicos que se utilizan en actividades marítimas (WWF, 2025).

13.7.5. Lagunas metodológicas y de capacidad

Necesidad de armonización y de conocimientos especializados específicos

La síntesis de los estudios revisados pone de manifiesto, en última instancia, diferencias metodológicas en cuanto al muestreo, el análisis y la presentación de resultados. Estas discrepancias hacen que la comparación y la síntesis entre conjuntos de datos resulten una tarea compleja. En numerosos casos, se ha observado que las limitaciones relacionadas con la identificación y caracterización específicas de las fibras dificultan la interpretación de los resultados. Este fenómeno es especialmente notable a la hora de evaluar las posibles contribuciones de los materiales textiles (Digka et al., 2023; Hernández-Milian et al., 2023).

Estas lagunas ponen de relieve la necesidad de armonizar las metodologías y las iniciativas de desarrollo de capacidades. Se considera imperativo mejorar la competencia técnica de los

investigadores, los profesionales del sector de las aguas residuales y las partes interesadas que participen en operaciones marítimas, con el fin de optimizar la calidad de la monitorización y la pertinencia de los resultados para la formulación de políticas (WWF, 2025).

13.8. Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional

En Grecia, las prácticas exitosas relacionadas con la reducción de los microplásticos se asocian principalmente con soluciones tecnológicas basadas en la investigación, aplicaciones piloto específicas e iniciativas de colaboración que vinculan a las instituciones científicas con las autoridades públicas y la sociedad civil. Aunque la implantación industrial a gran escala sigue siendo limitada, varios ejemplos demuestran avances prácticos y aportan conocimientos transferibles, especialmente en lo que se refiere a la gestión de las aguas residuales, las metodologías de seguimiento y la cooperación intersectorial

13.8.1. Tecnologías innovadoras

Tecnologías avanzadas de interceptación de microplásticos en las vías de evacuación de aguas residuales

Uno de los ejemplos más destacados de éxito tecnológico en el contexto helénico está relacionado con el desarrollo y la puesta a prueba de sistemas avanzados de interceptación de microplásticos en entornos fluviales y de aguas residuales. En el marco del proyecto CLAIM, se han desarrollado tecnologías innovadoras con el fin de capturar microplásticos, concretamente en puntos de entrada críticos como las desembocaduras de los ríos y las entradas a las plantas de tratamiento de aguas residuales. El objetivo de este proceso de captura es evitar la liberación de microplásticos en los ecosistemas marinos.

Tal y como demuestran Gkanasos et al. (2021), estos sistemas han demostrado una alta eficiencia de eliminación en condiciones a escala piloto. Esto confirma que los complementos tecnológicos específicos tienen el potencial de mejorar sustancialmente el rendimiento de la infraestructura de aguas residuales existente en lo que respecta a la retención de microplásticos. Las tecnologías diseñadas para capturar microplásticos lo hacen de manera eficaz, incluso si no se desarrollaron originalmente con este fin.

El presente ejemplo ilustra cómo la innovación impulsada por la investigación puede traducirse en soluciones prácticas que son compatibles con la infraestructura existente y adaptables a diferentes contextos operativos.

13.8.2. Iniciativas del sector industrial o municipal

Participación municipal en el seguimiento y la mitigación de las vías de propagación de los microplásticos

A nivel municipal, las mejores prácticas se reflejan principalmente en la creciente implicación de las autoridades locales en las actividades de seguimiento y evaluación relacionadas con la contaminación por microplásticos. La colaboración entre los municipios, los operadores de sistemas de aguas residuales y las instituciones de investigación ha facilitado la recopilación de datos específicos de cada emplazamiento y la puesta a prueba de conceptos de mitigación en entornos operativos reales.

Iniciativas de este tipo, a menudo en colaboración con científicos, han facilitado una mejor comprensión de los flujos de microplásticos dentro de las cuencas urbanas y los sistemas de aguas residuales, especialmente en zonas densamente pobladas con vertidos de efluentes a entornos marinos sensibles, como el golfo de Saronikos (HCMR, 2022; Tsangaris et al., 2004). A pesar de que estas medidas no figuran actualmente en los programas municipales de mitigación oficiales, suponen un avance significativo hacia la integración de las consideraciones relativas a los microplásticos en las prácticas locales de gestión del agua.

13.8.3. Certificaciones o sistemas voluntarios

Compromiso voluntario y prácticas impulsadas por la sensibilización

A diferencia de lo que ocurre en otros países europeos, Grecia carece actualmente de sistemas certificados o normas voluntarias que aborden específicamente la cuestión de las emisiones de microplásticos relacionadas con los textiles. No obstante, ha surgido un compromiso voluntario en forma de iniciativas impulsadas por la sensibilización, así como la participación en programas de seguimiento dirigidos por instituciones de investigación y organizaciones medioambientales.

A pesar de su carácter informal, estos esfuerzos han permitido la recopilación de datos, han sensibilizado a la población y han fomentado la participación de las partes interesadas, especialmente en el contexto de las regiones costeras y marinas. Tal y como indican las evaluaciones orientadas a las políticas, las acciones voluntarias tienen un papel que desempeñar como precursoras efectivas de marcos más estructurados, especialmente ante la aparente ausencia de requisitos normativos vinculantes dirigidos a los microplásticos derivados de los textiles (WWF, 2025)

13.8.4. Colaboraciones o proyectos exitosos

Colaboraciones basadas en la investigación que tienden puentes entre la ciencia y la política

En Grecia, el desarrollo de la colaboración entre instituciones de investigación y autoridades públicas ha estado impulsado principalmente por iniciativas de investigación aplicada. Las iniciativas de colaboración en las que participan centros de investigación, universidades, organismos públicos y organizaciones no gubernamentales han facilitado la recopilación sistemática de datos relativos a la contaminación por microplásticos. Es evidente que, con el paso del tiempo, estas iniciativas han dado lugar a la mejora de las metodologías analíticas y al refuerzo de la fiabilidad de los conjuntos de datos disponibles. Los resultados de la investigación también se han difundido más allá de las publicaciones académicas, lo que ha contribuido a su uso en la gestión medioambiental.

Los estudios del Centro Helénico de Investigación Marina han sido fundamentales en este proceso. Existe un creciente corpus de investigación que proporciona pruebas consistentes sobre la presencia, distribución y efectos de los microplásticos en diferentes entornos (Adamopoulou et al., 2021; Digka et al., 2023; Hernández-Milian et al., 2023). Es evidente que, a pesar de las limitaciones actuales en las aplicaciones industriales a gran escala, esta experiencia subraya la eficacia de la colaboración sostenida entre instituciones científicas y públicas a la hora de informar el desarrollo de políticas.

13.9. Políticas nacionales y marco normativo

El marco normativo de Grecia sobre plásticos y microplásticos se basa en gran medida en la transposición de la legislación de la UE, en particular la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM), las directivas sobre residuos y economía circular, y la Directiva sobre plásticos de un solo uso (SUP). Aunque todavía no existe una ley específica sobre microfibras, los microplásticos están cada vez más presentes en la política nacional a través de la vigilancia de los residuos marinos, las reformas en la gestión de residuos y las estrategias de economía circular. El descriptor 10 de la MSFD («las propiedades y cantidades de los residuos marinos no causan daños al medio ambiente costero y marino») proporciona el marco general para evaluar los residuos, incluidos los microplásticos, en las aguas marinas griegas (Galgani et al., 2013; CE, 2017; iSea, 2026).

13.9.1. Legislación nacional relativa a microplásticos

La principal ley nacional que regula los plásticos y los residuos en Grecia es la Ley 4819/2021 sobre la gestión de residuos y la economía circular, que transpone las principales directivas de la UE en materia de residuos e introduce la responsabilidad ampliada del productor (RAP), objetivos de recogida selectiva y metas de reducción de los vertidos. Entre otras medidas, la ley refuerza las obligaciones de la REP para los envases, allana el terreno para la REP en el sector textil y fomenta la recogida selectiva de residuos textiles para 2025-2026, en consonancia con los requisitos de la UE (República Helénica, 2020; 2021).

Un segundo pilar fundamental es la Ley 4736/2020, que transpone la Directiva de la UE sobre plásticos de un solo uso (UE 2019/904) e introduce prohibiciones o restricciones sobre una serie de artículos de plástico de un solo uso, entre los que se incluyen cubiertos, platos, pajitas, agitadores y envases alimentarios de poliestireno expandido. La ley entró en vigor en julio de 2021 y combina prohibiciones de productos con instrumentos económicos, campañas de sensibilización y medidas de contratación pública ecológica (CE, 2020; República Helénica, 2020; NKUA, 2026). Aunque su enfoque principal son los macroplásticos, la reducción prevista de los residuos y los envases también podría disminuir indirectamente la generación de microplásticos a través de la fragmentación.

Paralelamente, la legislación y las estrategias sectoriales (por ejemplo, los planes nacionales de prevención de residuos y las políticas de medio ambiente marino) mencionan los residuos marinos y la contaminación por plásticos como cuestiones prioritarias. Sin embargo, las microfibras derivadas de los textiles aún no se abordan explícitamente como una categoría separada, y no existen requisitos vinculantes para los filtros de microfibras en lavadoras o instalaciones industriales a nivel nacional (República Helénica, 2021).

13.9.2. Alineación con la legislación EU

Grecia aplica la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (2008/56/CE) a través de estrategias marinas nacionales y programas de seguimiento coordinados por el Ministerio de Medio Ambiente y Energía e institutos de investigación como el HCMR. El descriptor 10, relativo a los residuos marinos, ha dado lugar al establecimiento de programas de seguimiento de los residuos en las playas, los residuos del lecho marino y los microplásticos en el agua y la biota, utilizando indicadores y metodologías alineados con las directrices de la UE y los convenios regionales (Galgani et al., 2013; CE,

2017). Las síntesis recientes sobre los residuos marinos y los microplásticos en el archipiélago del Egeo, dirigidas por investigadores griegos, proporcionan una base empírica integrada para respaldar estas obligaciones de la DBM y ponen de relieve las lagunas de conocimiento relevantes para las políticas, incluida la necesidad de un seguimiento más sistemático de las microfibras y los aportes fluviales (Zeri et al., 2022; Anagnostou et al., 2024).

En el marco de la legislación de la UE sobre residuos y economía circular, Grecia también ha desarrollado estrategias nacionales que se ajustan a los objetivos de recogida selectiva, reducción de vertidos y responsabilidad ampliada del productor (RAP), incluyendo disposiciones que serán directamente relevantes para los flujos de residuos textiles. La Ley 4819/2021 prevé sistemas de recogida selectiva para los textiles y tasas eco-moduladas para los productores, que en el futuro podrían incorporar criterios de rendimiento relacionados con los microplásticos (por ejemplo, el diseño ecológico para textiles de baja desprendimiento) (República Helénica, 2021).

13.9.3. Planes estratégicos, incentivos y programas

Grecia ha adoptado un Programa Nacional de Prevención de Residuos y una agenda más amplia de economía circular que hace hincapié en la prevención, la reutilización y el reciclaje de materiales, incluidos los plásticos. Estas estrategias promueven la recogida selectiva, la contratación pública ecológica y la eco-innovación, con el potencial de integrar requisitos e incentivos para textiles de bajo desprendimiento, filtros de microfibra y un mejor diseño de los productos sintéticos (República Helénica, 2012; 2021).

Varios proyectos nacionales y financiados por la UE actúan de facto como proyectos piloto de políticas. Proyectos como CLAIM e iniciativas nacionales como EVMAR (Evaluación de los residuos marinos en Grecia) han generado datos y recomendaciones sobre las vías de los residuos marinos, el seguimiento de los microplásticos y las tecnologías de mitigación, lo que respalda la aplicación del descriptor 10 de la DMA y sirve de base para las prioridades nacionales (Rigatou et al., 2025; iSea, 2026). Los proyectos educativos y de ciencia ciudadana (por ejemplo, «Schools Against Plastics») han sido utilizados por los responsables políticos y las ONG como ejemplos de buenas prácticas para integrar los microplásticos en la educación ambiental y los planes de acción locales (HCMR, 2023; Beyond Plastics Med, 2026; Patsiou et al., 2026).

13.9.4. Actividades nacionales de estandarización

Las actividades formales de normalización en Grecia relacionadas específicamente con los microplásticos y las microfibras siguen siendo limitadas. Los laboratorios nacionales suelen seguir protocolos internacionales o europeos (por ejemplo, las directrices de seguimiento de la DBM, los protocolos de las áreas marinas protegidas de Plastic Busters o los métodos armonizados de intercalibración), en lugar de normas específicas de Grecia. No obstante, el trabajo de armonización liderado por científicos griegos en ejercicios de comparación entre laboratorios y evaluaciones de métodos, como los estudios sobre protocolos de extracción y bioindicadores, ha contribuido directamente al desarrollo de las mejores prácticas adoptadas en la DMA y en los convenios marinos regionales (Tsangaris et al., 2004; Scacco et al., 2022; Zeri et al., 2022).

De cara al futuro, existe margen para que la Organización Helénica de Normalización (ELOT), los institutos de investigación y la industria desarrollen o adopten especificaciones técnicas nacionales sobre el muestreo de microplásticos, los métodos analíticos y los criterios de rendimiento para los textiles de bajo desprendimiento o las tecnologías de filtración. Esto respaldaría un seguimiento coherente, facilitaría los controles de cumplimiento y crearía señales más claras para los agentes del mercado en los sectores textil y de las aguas residuales.

13.10. Necesidades de formación y propuestas educativas

13.10.1. Necesidades de formación y propuestas educativas

La rápida expansión de la investigación griega sobre microplásticos y microfibras aún no se ha traducido plenamente en una formación sistemática para los principales grupos profesionales. Existen varias carencias evidentes en la educación superior, la formación profesional y el desarrollo laboral continuo:

- Los ingenieros textiles y de moda necesitan una comprensión más profunda de los mecanismos de desprendimiento de microfibras, el diseño ecológico de tejidos con bajo desprendimiento, la evaluación del ciclo de vida (LCA) y los sistemas de fibras reciclables.
- Los profesionales del sector de las aguas residuales y los servicios de agua necesitan formación sobre el control de los microplásticos, las tecnologías de filtración, la gestión de lodos y la integración de consideraciones sobre las microfibras en el funcionamiento y el diseño de las plantas.
- Los profesores y educadores necesitan recursos accesibles y adecuados a la edad de los alumnos para integrar los microplásticos y las microfibras en los planes de estudios de ciencias, geografía y educación ambiental.
- Los responsables políticos y el personal municipal necesitan formación sobre la interpretación de datos sobre microplásticos, la evaluación de opciones de mitigación y el diseño de planes de acción locales que incluyan medidas relacionadas con los textiles.

Proyectos recientes en el ámbito educativo y de la ciencia ciudadana demuestran tanto la necesidad como el potencial de este tipo de formación. La iniciativa «Escuelas contra el plástico» involucró a alumnos de primaria griegos en el seguimiento de macroplásticos y microplásticos en las playas, combinando protocolos sencillos de muestreo con la recopilación e interpretación de datos; los resultados muestran mejoras en la conciencia medioambiental de los alumnos y en su comprensión de la contaminación por plásticos (HCMR, 2023; Patsiou et al., 2026). Otros trabajos griegos similares sobre narración digital y alfabetización medioambiental también han demostrado que los enfoques pedagógicos innovadores pueden fomentar eficazmente la comprensión y las actitudes de los alumnos respecto a los residuos plásticos (Andriopoulou et al., 2022).

Al mismo tiempo, la investigación de vanguardia sobre microplásticos en ecosistemas griegos clave, como las praderas de zostera marina que actúan como sumideros y vectores (Rigatou et al., 2025), o las revisiones integradoras sobre los residuos marinos y los microplásticos en el archipiélago del Egeo

(Zeri et al., 2022), ponen de relieve la necesidad de formar a científicos, ingenieros y gestores medioambientales en métodos avanzados (por ejemplo, modelización, ecotoxicología, uso de bioindicadores) y en la aplicación de la investigación a medidas de gestión.

13.10.2. Recomendaciones para la integración en los planes de estudios y la formación profesional

Partiendo de las carencias identificadas y de las mejores prácticas existentes, se pueden formular varias propuestas concretas de formación para Grecia:

1. Educación superior (universidades)
 - Integrar módulos específicos sobre microplásticos y microfibras en los planes de estudios de ciencias ambientales, ciencias marinas, ingeniería química e ingeniería textil.
 - Utilizar estudios de casos griegos, por ejemplo, la ingestión de microplásticos en mejillones y peces, las praderas de algas marinas como sumideros o el seguimiento de la foca monje, como material didáctico para contextualizar los conceptos globales en la realidad nacional (Scacco et al., 2022; Zeri et al., 2022; Rigatou et al., 2025).
 - Promover proyectos de tesis interdisciplinarios que combinen el diseño textil, el tratamiento de aguas residuales y el seguimiento medioambiental.
2. Formación profesional y continua (FP, DPC)
 - Desarrollar cursos breves para operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales, personal municipal y técnicos del sector sobre muestreo de microplásticos, análisis básicos, interpretación de resultados y tecnologías de mitigación (p. ej., filtración, adaptación de instalaciones). Los resultados de CLAIM y los proyectos piloto de las EDAR griegas ofrecen ejemplos ya preparados para materiales de formación (Rigatou et al., 2025; iSea, 2026).
 - Introducir módulos sobre diseño textil de baja liberación de microfibras, modelos de negocio circulares y obligaciones de responsabilidad ampliada del productor (RAP) para profesionales del sector textil y de la moda, vinculando la próxima normativa textil de la UE con las políticas nacionales de economía circular (República Helénica, 2021).
3. Educación escolar y formación del profesorado
 - Ampliar programas como « Escuelas contra los plásticos» para convertirlos en una iniciativa nacional de educación sobre microplásticos, proporcionando un conjunto de herramientas estandarizadas para el muestreo, el análisis sencillo y el intercambio de datos, con el apoyo del HCMR y el Ministerio de Educación (HCMR, 2023; Patsiou et al., 2026).
 - Integrar los microplásticos y las microfibras en los marcos de educación ambiental existentes, incluyendo temas como el consumo sostenible, la biodiversidad marina y la economía circular.
4. Sectores pesqueros y partes interesadas de las zonas costeras

- Impartir formación específica a pescadores y acuicultores sobre los residuos marinos y los microplásticos procedentes de los aparejos de pesca, incluyendo las mejores prácticas para el mantenimiento de los artes, los planes de recuperación y la participación en el seguimiento mediante ciencia ciudadana. Los recientes conjuntos de datos sobre la ingestión de residuos marinos por parte de tortugas marinas y peces, en los que han participado coautores griegos, ofrecen un material muy valioso para la sensibilización y la formación profesional (Zeri et al., 2022; Kouvara et al., 2024)

Estas propuestas pueden servir de base directa para los planes de estudios, los podcasts y los materiales didácticos del WP2 en el marco del proyecto MicroWeave-TEX, garantizando que los resultados educativos se basen en datos griegos actualizados y respondan a las necesidades específicas de formación de las partes interesadas nacionales.

13.11. Conclusiones

Grecia ha desarrollado un extenso conjunto de estudios de investigación y de rápido crecimiento sobre los microplásticos y las microfibras, y los científicos griegos contribuyen tanto a estudios de casos nacionales como a síntesis a escala mundial. Los estudios abarcan actualmente aguas de mar abierto, zonas costeras, praderas de algas marinas, playas, ríos, sistemas de aguas residuales y una amplia variedad de organismos, entre los que se incluyen peces comerciales, mejillones, erizos de mar, tortugas marinas y focas monje, una especie en peligro de extinción. Trabajos recientes sobre las praderas de algas marinas como sumideros de microplásticos, evaluaciones integradas del archipiélago del Egeo e iniciativas de ciencia ciudadana como «Escuelas contra los plásticos» ilustran la madurez y la diversidad del panorama investigador nacional.

A pesar de estos avances, siguen existiendo importantes lagunas a la hora de vincular directamente los microplásticos observados con fuentes relacionadas con los textiles, especialmente en el caso de las microfibras. La mayoría de los estudios griegos identifican las fibras como una categoría morfológica importante y deducen las contribuciones textiles a partir de los tipos de polímeros, pero la atribución rigurosa de las fuentes (por ejemplo, la distinción entre el lavado doméstico, los procesos industriales y los equipos de pesca) sigue siendo limitada. Los compartimentos aguas arriba, como las plantas de tratamiento de aguas residuales, los vertidos industriales y el lavado doméstico, siguen estando relativamente poco controlados en comparación con los entornos marinos, lo que limita el diseño de estrategias de mitigación centradas en las fuentes.

En el ámbito normativo, Grecia se ha alineado con las directivas de la UE sobre residuos marinos, gestión de residuos y plásticos de un solo uso, y está incorporando progresivamente a la legislación nacional los principios de la economía circular, la recogida selectiva de textiles y la responsabilidad ampliada del productor (RAP). Sin embargo, las microfibras aún no están reguladas de forma explícita y no existen requisitos vinculantes para los filtros de microfibras ni para el diseño de textiles que reduzcan la liberación de fibras. Las iniciativas existentes, como los proyectos piloto CLAIM, los proyectos Interreg y los programas educativos, demuestran su viabilidad técnica y social, pero aún no se han incorporado a las políticas o prácticas generales.

Desde el punto de vista operativo, se perfilan tres grandes líneas de actuación:

1. Reforzar el seguimiento y la mitigación centrados en las fuentes:
 - Ampliar el seguimiento sistemático de las microfibras en las aguas residuales, los efluentes industriales y los ríos, integrando métodos armonizados y protocolos interlaboratorios.
 - Poner a prueba y ampliar las tecnologías de interceptación de microplásticos en las plantas de tratamiento de aguas residuales y en las desembocaduras de los ríos, aprovechando la experiencia de CLAIM y centrándose en las cuencas hidrográficas con alta concentración de textiles.
2. Integrar las microfibras en las políticas y la normalización:
 - Incorporar consideraciones sobre las microfibras en la aplicación nacional de las políticas de la UE en materia de textiles, residuos y economía circular, incluidos los sistemas de responsabilidad ampliada del productor (EPR) y los criterios de diseño ecológico.
 - Desarrollar directrices técnicas o normas para textiles de bajo desprendimiento, filtración en lavadoras y muestreo y análisis de microplásticos, en colaboración con ELOT, la industria y los laboratorios de investigación.
3. Invertir en educación, formación y participación de las partes interesadas
 - Utilizar investigaciones nacionales y estudios de casos para diseñar programas de formación estructurados dirigidos a ingenieros textiles, profesionales del sector de las aguas residuales, docentes y partes interesadas del ámbito costero.
 - Ampliar las iniciativas de ciencia ciudadana y escolares, que han demostrado su eficacia a la hora de fomentar la concienciación medioambiental y generar datos útiles para investigadores y responsables políticos.

Para los responsables de la educación superior, la industria y la administración pública, el mensaje clave es que Grecia ya cuenta con gran parte de la capacidad científica y técnica necesaria para abordar el problema de los microplásticos relacionados con el sector textil. El reto ahora consiste en plasmar estos conocimientos en políticas coherentes, normas operativas y programas de formación que reduzcan las emisiones de microfibras a lo largo de todo el ciclo de vida de los textiles —desde el diseño y la producción hasta su uso y el final de su vida útil—, al tiempo que se fomenta una transición justa e innovadora para el sector textil nacional.

13.12. Referencias

- Adamopoulou, A., Zeri, C., Garaventa, F., Gambardella, C., Ioakeimidis, C., & Pitta, E. (2021). Distribution patterns of floating microplastics in open and coastal waters of the Eastern Mediterranean Sea (Ionian, Aegean, and Levantine Seas). *Frontiers in Marine Science*, 8, 699000. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.699000>
- Anagnostou, C., Kostianoy, A., Mariolakas, I., Panayotidis, P., Soilemezidou, M., & Tsalts, G. (2024). Aegean Archipelagos: A significant place of human presence and civilization in the broader area – Human–nature interaction. In *The Aegean Sea Environment* (pp. 3–14). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/698_2024_1164

- Archipelagos Institute of Marine Conservation. (2023). Marine mammal microplastic monitoring programme (Mediterranean monk seal), in collaboration with HCMR and international partners. (Documented via Hernandez-Milian et al., 2023.)
- Aristotle University of Thessaloniki (AUTH) – Environmental Engineering Laboratory. (2023). Research infrastructure and expertise in microplastic environmental monitoring, as documented through projects in the Thermaic Gulf. (Referenced through peer-reviewed outputs.)
- Beyond Plastic Med. (n.d.). *Schools Against Plastics*. Retrieved January 8, 2026, from <https://www.beyondplasticmed.org/en/projects/assemble-allies-mobilize/schools-against-plastics/>
- Bray, L., Digka, N., Tsangaris, C., Camedda, A., Gambaiani, D., de Lucia, G. A., ... Kaberi, H. (2019). *Determining suitable fish to monitor plastic ingestion trends in the Mediterranean Sea. Environmental Pollution*, 247, 1071–1077. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.100>
- Cadiou, J.-F., Gerigny, O., Koren, Š., Zeri, C., Kaberi, H., Alomar, C., Panti, C., Fossi, M. C., Adamopoulou, A., Digka, N., Deudero, S., Concato, M., Carbonnel, A., Bains, M., Galli, M., & Galgani, F. (2020). *Lessons learned from an intercalibration exercise on the quantification and characterisation of microplastic particles in sediment and water samples. Marine Pollution Bulletin*, 154, 111097. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111097>
- Digka, N., Patsiou, D., Kaberi, H., Krasakopoulou, E., & Tsangaris, C. (2023). Microplastic ingestion and its effects on sea urchin *Paracentrotus lividus*: A field study in a coastal East Mediterranean environment. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115613. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115613>
- ELSTAT – Hellenic Statistical Authority. (2023). *Industrial production statistics of Greece*. <https://www.statistics.gr>
- Erasmus+ Programme. (2020-2023). Sea4All: Educational tools and training for marine pollution awareness. European Union.
- European Commission. (n.d.) (2017). *EU Marine Strategy Framework Directive*. European Union. Retrieved January 2, 2026, from https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/environment/oceans-and-seas/eu-marine-strategy-framework-directive_en_research-and-innovation.ec.europa.eu
- European Commission. (2020). Directive (EU) 2019/904 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment (Single-Use Plastics Directive). Official Journal of the European Union.
- European Commission. (2017-2022). CLAIM – Cleaning Litter by developing and Applying Innovative Methods in European Seas. Horizon 2020 Project. Grant No. 774586.
- Eurostat. (2023). *Manufacturing industry statistics – Textiles and wearing apparel (NACE C13-C14)*. <https://ec.europa.eu/eurostat/>

- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., & De Vrees, L. (2013). Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES Journal of Marine Science*, 70(6), 1055–1064. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst122>
- Galgani, F., Tsapakis, M., Pitta, P., Tsiola, A., Tzempelikou, E., Kalantzi, I., ... Loisel, S. A. (2019). Microplastics increase the marine production of particulate forms of organic matter. *Environmental Research Letters*, 14, 124085. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab59ca>
- Gkanasos, A., Tsiaras, K., Triantaphyllidis, G., Panagopoulos, A., Pantazakos, G., Owens, T., Karametsis, C., Pollani, A., Nikoli, E., Katsafados, N., & Triantafyllou, G. (2021). *Stopping macroplastic and microplastic pollution at source by installing novel technologies in river estuaries and wastewater treatment plants: The CLAIM project*. *Frontiers in Marine Science*, 8, 738876. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.738876>
- Hellenic Centre for Marine Research (HCMR). (2022). Microplastics on the beaches of Greece: Results report. Aegean Rebreath.
- Hellenic Centre for Marine Research (HCMR), Institute of Marine Biological Resources and Inland Waters (IMBRIW). (2022). Institute report 2018-2021. https://imbriw.hcmr.gr/wp-content/uploads/2024/10/imbriw_evaluation_report_final_17-21.pdf
- Hellenic Centre for Marine Research (HCMR) & BeMed. (2023). *Schools against plastics* [Poster]. EurOCEAN 2023.
- Hellenic Republic. (2012). Law 4042/2012: Protection of the environment through criminal law-Framework for waste management and harmonization with Directive 2008/98/EC. Government Gazette A' 24/13-02-2012.
- Hellenic Republic. (2020). Law 4736/2020. (2020). *Reduction of the impact of certain plastic products on the environment – Transposition of Directive (EU) 2019/904*. Government Gazette of Greece.
- Hellenic Republic. (2021). Law 4819/2021. (2021). *Integrated waste management – Transposition of Circular Economy Package*. Government Gazette of Greece.
- Hernandez-Milian, G., Tsangaris, C., Anestis, A., Fossi, M. C., Bains, M., Caliani, I., Panti, C., Bundone, L., & Panou, A. (2023). Monk seal faeces as a non-invasive technique to monitor the incidence of ingested microplastics and potential presence of plastic additives. *Marine Pollution Bulletin*, 193, 115227. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115227>
- iSea – Institute for Sustainability (n.d.). *Evaluating Marine Litter in Greece (EVMAR Project)*. Retrieved January 7, 2026, from <https://isea.com.gr/evaluating-marine-litter-in-greece-evmar-project-eng/?lang=en>
- Interreg MED Programme. (2018–2022). Plastic Busters MPAs: Monitoring, preventing and mitigating marine litter in Mediterranean Marine Protected Areas. Interreg MED reference documentation.
- Kalogerakis, N., Karkanorachaki, K., Kalogerakis, G. C., Triantafyllidi, E. I., Gotsis, A. D., Partsinevelos, P., & Fava, F. (2017). Microplastics generation: Onset of fragmentation of polyethylene films in

- marine environment mesocosms. *Frontiers in Marine Science*, 4, 84.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00084>
- Kermenidou, M., Frydas, I. S., Moschoula, E., Kousis, D., Christofilos, D., Karakitsios, S., & Sarigiannis, D. (2023). *Quantification and characterization of microplastics in the Thermaic Gulf, in the North Aegean Sea*. *Science of the Total Environment*, 892, 164299.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164299>
- Koutsikos, N., Koi, A. M., Zeri, C., Tsangaris, C., Dimitriou, E., & Kalantzi, O.-I. (2023). Exploring microplastic pollution in a Mediterranean river: The role of introduced species as bioindicators. *Heliyon*, 9(4), e15069. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15069>
- Kouvara, K., Kosmopoulou, A., Fakiris, E., Christodoulou, D., Filippides, A., Katsanevakis, S., Ioakeimidis, C., Geraga, M., Xirotagarou, P., Galgani, F., & Papatheodorou, G. (2024). Assessing marine litter in a highly polluted area in the Mediterranean: A multi-perspective approach in the Saronikos Gulf, Greece. *Marine Pollution Bulletin*, 203, 116497.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116497>
- New Naval Ltd. (2024). *EU Horizon 2020 CLAIM program: River trash & marine litter collection system*. Retrieved January 7, 2026, from <https://www.oilspillresponse.gr/project/eu-horizon-2020-claim-program-river-trash-marine-litter-collection-system/>
- National and Kapodistrian University of Athens (NKUA), Faculty of Law. (n.d.). *Athens Public International Law Group*. Retrieved January 8, 2026, from <https://www.athenspil.law.uoa.gr/>
- Patsiou, D., Digka, N., Galli, M., Bains, M., & Tsangaris, C. (2024). *Assessment of the impact of microplastic ingestion in striped red mullets from an Eastern Mediterranean coastal area (Zakynthos Island)*. *Marine Environmental Research*, 106438.
<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2024.106438>
- Patsiou, D., Adamopoulou, A., Digka, N., Kaberi, H., Zeri, C., & Tsangaris, C. (2026). Schools against plastics: Schooling environmentally conscious students and supporting research on marine litter and microplastics. *Marine Pollution Bulletin*, 225, 119224.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2026.119224>
- Rigatou, D., Gerakaris, V., Digka, N., Adamopoulou, A., Patsiou, D., Hatzonikolakis, Y., Tsiaras, K., Tsangaris, C., Zeri, C., Kaberi, H., & Raitsos, D. E. (2025). *The role of seagrass meadows (Posidonia oceanica) as microplastics sink and vector to benthic food webs*. *Marine Pollution Bulletin*, 211, 117420. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117420>
- Scacco, U., Mancini, E., Tiralongo, F., & Marcucci, F. (2022). Microplastics in the deep: Comparing dietary and plastic ingestion data between two Mediterranean bathyal opportunistic feeder species, *Galeus melastomus* (Rafinesque, 1810) and *Coelorinchus caelorhincus* (Risso, 1810), through stomach content analysis. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5), 624.
<https://doi.org/10.3390/jmse10050624>
- SEPEE – Hellenic Fashion Industry Association. (2023). *Annual report of the Greek textile and clothing sector 2023*.

- Tsangaris, C., Stroglyoudi, E., & Papathanassiou, E. (2004). *Measurements of biochemical markers of pollution in mussels Mytilus galloprovincialis from coastal areas of the Saronikos Gulf (Greece)*. *Mediterranean Marine Science*, 5(1), 175–186. <https://doi.org/10.12681/mms.223>
- Tsiaras, K., Costa, E., Morgana, S., Gambardella, C., Piazza, V., Faimali, M., Minetti, R., Zeri, C., Thyssen, M., Ben Ismail, S., Hatzonikolakis, Y., Kalaroni, S., & Garaventa, F. (2022). *Microplastics in the Mediterranean: Variability from observations and model analysis*. *Frontiers in Marine Science*, 9, 784937. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.784937>
- University of the Aegean - Department of Environment & Department of Marine Sciences. (Various years). Internal research reports and laboratory protocols for microplastic extraction, microscopy and FT-IR analysis. (Unpublished institutional materials referenced through affiliated publications.)
- WWF. (2025). *Plastics, health, and one planet: An evidence-based call for global rules*. WWF Germany.
- Zeri, C., Adamopoulou, A., Koi, A., Koutsikos, N., Lytras, E., & Dimitriou, E. (2021). Rivers and wastewater-treatment plants as microplastic pathways to Eastern Mediterranean waters: First records for the Aegean Sea, Greece. *Sustainability*, 13(10), 5328. <https://doi.org/10.3390/su13105328>
- Zeri, C., Tsangaris, C., & Kaberi, H. (2022). *Marine litter, plastics and microplastics in the Aegean Archipelago: Current knowledge and priorities for the future*. In *The Aegean Sea Environment: Anthropogenic Presence and Impact* (pp. 1-34). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-90-02-2022-906>



Anexo II: Informe nacional – Lituania

13.13. Introducción

La contaminación por microplásticos y microfibras sintéticas se ha convertido en una grave amenaza para el medio ambiente y la salud humana. A menudo provoca enfermedades y la muerte tanto en seres humanos como en animales acuáticos. Para combatir la contaminación por microplásticos, debemos identificar las principales fuentes de estos y las vías por las que llegan al medio natural. La urbanización y la industrialización han provocado un deterioro de la calidad del agua de ríos, lagos y océanos. El gran problema es que estas sustancias contaminantes no pueden ser captadas por las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales. La industria textil, el lavado doméstico de productos textiles y los residuos textiles que llegan al medio ambiente contribuyen de manera significativa a la contaminación del agua con microplásticos. Las fibras sintéticas no son biodegradables, por lo que tardan mucho tiempo en descomponerse en la naturaleza y, en forma de microfibras, entran en el ecosistema de las masas de agua y los mares.

Las microfibras sintéticas son fibras sintéticas cortas con un diámetro de unos 10 micrómetros o menos y una longitud de entre 0,5 y 2 cm. Las fibras sintéticas más utilizadas en la confección son principalmente el poliéster, la poliamida, el acrílico y el polipropileno (Gago et al., 2018). Las partículas más grandes de fibras sintéticas que se liberan al medio ambiente se convierten en las principales fuentes de microfibras. El reciente aumento del uso de plásticos y fibras sintéticas ha sido un factor importante en la elevada contaminación por microplásticos y microfibras sintéticas. Según una investigación (Tanaka, 2022), en 2015 la industria del plástico generó hasta 6.300 millones de toneladas de residuos plásticos, de los cuales alrededor del 80 % sigue sin descomponerse en vertederos de todo el mundo. Se prevé que, para 2050, esta cantidad de residuos plásticos se duplique hasta alcanzar los 12 000 millones de toneladas (Greyer et al., 2017).

En la industria textil y de la confección, la fibra de poliéster es la fibra sintética predominante, aunque otras materias primas sintéticas también representan una parte significativa. Recientemente, el uso de fibras sintéticas en la industria textil se ha convertido en una tendencia destacada. La industria de la confección sintética y otros productos textiles ha superado a los productos de fibras naturales debido a su durabilidad y su relativo bajo coste, es decir, a su viabilidad económica. La producción mundial de fibras textiles se puede dividir en tres categorías: fibras sintéticas, fibras de origen natural y diversas mezclas de estas fibras. Las fibras sintéticas representan alrededor del 60 % de la producción total, mientras que las fibras naturales (principalmente algodón) y las mezclas representan el 40 % restante (Geyer et al., 2017). Cuando la ropa de fibras sintéticas o mezcladas se lava tras su uso, las fibras sintéticas y sus partículas se desprenden de la prenda y pasan al sistema de aguas residuales, y de ahí llegan a las reservas de agua y a los océanos, lo que afecta a la salud de la fauna silvestre.

El proceso de lavado es responsable de aproximadamente el 90 % del deterioro de las prendas durante la fase de consumo (Rathinamoorthy y Balasaraswathi, 2020). El envejecimiento físico de las prendas también tiene un impacto significativo en la liberación de microfibras durante el lavado. El poliéster y otros tejidos sintéticos suelen tener una temperatura de transición superior a la temperatura ambiente. El almacenamiento prolongado a temperatura ambiente puede provocar un envejecimiento

físico, lo que causa cambios a nivel molecular de la unidad polimérica, incluyendo modificaciones en su volumen libre, entalpía y movilidad molecular (Rathinamoorthy y Balasaraswathi, 2020). Por lo tanto, las microfibras de estos productos sintéticos se debilitan con el tiempo, se vuelven quebradizas y se desprenden durante el lavado.

En Lituania, la industria textil y de la confección constituye una parte importante del sector industrial, y los productos textiles se fabrican y comercializan no solo en Lituania, sino también en otros países de la UE y de fuera de la UE. Lituania se esfuerza por lograr una rápida transición industrial hacia la aplicación de los principios de la economía circular y establece requisitos medioambientales muy estrictos tanto para la producción y los productos como para su recogida al final de su ciclo de vida. El presente informe nacional sobre las microfibras sintéticas en el sector textil y de la confección lituano se ha elaborado con el fin de ofrecer una visión general estructurada y actualizada de la cuestión de la liberación de microfibras textiles en el medio ambiente en el contexto nacional. El objetivo del informe nacional es proporcionar los conocimientos científicos y tecnológicos más recientes, identificar las principales fuentes de microfibras sintéticas y sus vías de liberación a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos textiles, examinar el marco normativo nacional aplicable y las iniciativas existentes en materia de investigación, innovación tecnológica y cooperación, y destacar las buenas prácticas y las soluciones tecnológicas aplicadas por la industria lituana en cooperación con otras partes interesadas.

Este informe nacional pretende, asimismo, servir de herramienta de apoyo a la toma de decisiones para los organismos de la administración pública, las empresas, los centros tecnológicos y otras partes interesadas, con el fin de facilitar la aplicación de estrategias y medidas destinadas a reducir la liberación de microplásticos y microfibras sintéticas, en consonancia con las políticas europeas y los compromisos nacionales en materia de sostenibilidad, economía circular y protección del medio ambiente. El objetivo de este documento es contribuir a la adopción de medidas coordinadas y basadas en datos empíricos que promuevan la transición del sector textil y de la confección en Lituania y otros países de la UE hacia el desarrollo de modelos de producción más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

13.14. Panorama general de la industria textil nacional

13.14.1. Introducción y definición del sector

El sector textil y de la confección constituye una parte importante de la economía lituana, con un impacto significativo en el empleo, las exportaciones y el PIB del país. En Lituania operan alrededor de 800 empresas que pueden clasificarse como pertenecientes al sector textil y de la confección; la mayoría de ellas son pequeñas y medianas empresas.

El sector textil y de la confección lituano empleaba a aproximadamente 26.000 personas a finales de 2025. Aunque históricamente este sector empleaba a más de 30.000 personas, recientemente se ha observado una disminución constante del número de empleados.

Según la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (EVRK 13), el sector textil y de la confección abarca la preparación y el hilado de fibras, la producción y el acabado de tejidos, prendas de punto,

alfombras, cuerdas, materiales no tejidos, etc., así como la fabricación de productos textiles y la confección de prendas de vestir, entre otros (véase la tabla 1).

Tabla 1: Estructura del sector textil lituano

Tipo de producción	Este tipo de producción incluye	Nº empresas
Preparación e hilado de fibras	<ul style="list-style-type: none"> • devanado y el lavado, • desengrasado, carbonizado y tintura de la lana, • cardado y peinado de diversas fibras animales, vegetales y sintéticas, • hilado y la fabricación de hilos para tejer, tricotar o coser, • cardado del lino, • fabricación de hilos de filamentos sintéticos y artificiales, incluidos los hilos reforzados • texturización, retorcido, doblado, retorcido e impregnación de hilos de filamentos químicos. 	12
Tejido	<ul style="list-style-type: none"> • fabricación de tejidos anchos de algodón, lino, cáñamo, yute, lana, lana peinada e hilos de seda, incluidos los hilos mixtos, artificiales y sintéticos, • fabricación de tejidos de pelo y chenilla, tejidos de rizo, etc., • fabricación de tejidos de fibra de vidrio, fibra de carbono y fibra de aramida, así como de hilos de las mismas, • fabricación de piel artificial mediante tejido. 	21
Punto	<ul style="list-style-type: none"> • fabricación de tejidos de punto por urdimbre y trama, lisos, de pelo y de rizo, • fabricación de calcetería, medias, etc. • fabricación de prendas de punto normales y sin costuras, • fabricación de piel artificial mediante punto, • fabricación de cortinas y otros textiles para el hogar. 	55
Fabricación de artículos textiles confeccionados, excepto prendas de vestir	<ul style="list-style-type: none"> • fabricación de mantas, incluidas mantas de viaje, ropa de cama, de mesa o de cocina, paños, • fabricación de mantas acolchadas y de plumón, colchas, tapicerías para muebles, cojines, almohadas, sacos de dormir, etc., • fabricación de lonas, tiendas de campaña, material turístico (de acampada), velas, toldos, chalecos salvavidas, paracaídas, etc., • fabricación de componentes textiles para mantas eléctricas, • fabricación de otros productos textiles técnicos. 	49
Fabricación de alfombras	<ul style="list-style-type: none"> • fabricación de revestimientos de suelo tejidos: alfombras, moquetas, etc. • fabricación de revestimientos de suelo de fieltro 	4
Producción de cuerdas, cables y redes	<ul style="list-style-type: none"> • fabricación de revestimientos de suelo tejidos: alfombras, moquetas, etc. • fabricación de revestimientos para suelos de fieltro 	12

	<ul style="list-style-type: none"> • fabricación de cuerdas, cables y cordajes de fibras o tiras textiles, etc., impregnados o no de caucho o plástico, recubiertos, revestidos o forrados o no, • fabricación de redes de cordel, cordaje o cuerda, • fabricación de redes de pesca, etc. 	
Acabado textil	<ul style="list-style-type: none"> • blanqueo, tinte y estampado de fibras textiles, hilos, productos y artículos textiles, incluida la confección, • acabado, secado, vaporizado, sanforizado, mercerizado, etc., de productos y artículos textiles, incluida la confección • plisado, peinado, etc., de productos textiles • impregnación, recubrimiento, engomado o impregnación de prendas confeccionadas • serigrafía sobre productos textiles y prendas de vestir. 	13
Telas no tejidas	Esta clase incluye todas las actividades que implican un gran número de procesos tecnológicos y una gran cantidad de artículos manufacturados.	11
Confección	Confección de ropa y uniformes de trabajo.	420
Preparación para la comercialización y venta de productos textiles		hasta 200

El sector textil en Lituania se mantiene estable, pero los volúmenes de producción y las expectativas de las empresas registraron un ligero descenso a finales de 2025 debido a la caída de los pedidos de exportación.

13.14.2. Evolución reciente y estructura empresarial

La mayor parte de la industria textil lituana se centra en la fabricación de productos finales —tejidos y prendas de vestir (EVRK 13)—, mientras que la preparación primaria y el hilado constituyen solo una pequeña parte de esta cadena. La producción de fibras e hilos sintéticos y químicos en Lituania es una de las industrias más pequeñas en cuanto al número de empresas, ya que esta actividad requiere unas capacidades tecnológicas extremadamente elevadas. Desde el punto de vista histórico y económico, la empresa más importante de este sector en Lituania es AB «Dirbtinis pluoštas», con sede en Kaunas. La mayoría de las demás empresas de hilatura no se dedican a la producción de la fibra en sí, sino a su procesamiento.

Según datos de EVRK y de la Oficina de Estadística de Lituania, en Lituania había 51 entidades empresariales dedicadas al tejido textil. El tamaño del mercado de la industria del tejido en Lituania en 2025 alcanzó los 42,2 millones de euros. Aunque el número de empresas ha crecido una media del 4,0 % anual en los últimos cinco años (hasta 2025), el tamaño total del mercado ha disminuido una media del 4,5 % durante el mismo periodo, lo que indica una creciente competencia o una optimización de las operaciones. Muchas empresas de tejido lituanas se especializan en productos de nicho, como el lino, la seda u otros tejidos específicos. Muchas empresas de tejido también cuentan con sus propios departamentos de acabado y confección. Por ejemplo, UAB «A Grupė» es una empresa con departamentos de tejido, acabado y confección, que teje tejidos de lino, semilino y rizo.

En Lituania, el sector de la producción de prendas de punto y calcetería es uno de los más importantes de la industria textil. La mayoría de las empresas de confección de prendas de punto se concentran en las regiones de Kaunas, Šiauliai y Utena, consideradas históricamente los centros textiles de Lituania. Si bien el número total de empresas industriales se mantiene estable, se observa un cambio notable de la producción en masa hacia productos de mayor valor añadido: marcas a medida y moda sostenible destinadas a los mercados occidentales.

El número de empresas de fabricación de alfombras y moquetas que operan en Lituania es muy reducido. El tamaño del mercado de fabricación de alfombras en Lituania en 2025 fue de aproximadamente 1,6 millones de euros, lo que indica que se trata de un segmento industrial pequeño pero estable. Una de las principales empresas de este sector es UAB «Pluošto linija», cuya marca Ecolinum se especializa en la producción de alfombras de lino. Ecolinum es la única empresa de Lituania que produce alfombras de lino y exporta la mayor parte de su producción. Otra empresa relacionada es UAB «Litspin», que produce hilos de lana para la fabricación de alfombras, pero no las alfombras en sí mismas.

El sector de los textiles técnicos y especializados requiere innovaciones específicas y tecnologías de alto valor añadido. El sector cuenta con un fuerte respaldo por parte de la Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU) y del Instituto Textil del Centro de Ciencias Físicas y Tecnológicas (FTMC), que lleva a cabo investigaciones científicas sobre el desarrollo de textiles inteligentes y de protección. Las empresas que operan en este campo producen no solo ropa especializada, sino también tejidos para la medicina, la industria automovilística, la construcción (geotextiles) y equipos de protección individual. Este segmento textil se considera uno de los más prometedores debido a su menor dependencia de la competencia de la producción en masa y a su orientación hacia la exportación y la innovación.

La producción de cuerdas, cables y redes es una rama pequeña pero tecnológicamente especializada de la industria textil. Las empresas fabrican productos para la pesca, la construcción, la agricultura y la industria. Lituania produce redes para la pesca y el deporte, redes de seguridad para la construcción y diversos tipos de cuerdas de fibra sintética y natural. El sector está fuertemente orientado a la exportación (especialmente a los países escandinavos para la industria pesquera) y se mantuvo estable en 2025 debido a la creciente demanda de textiles técnicos en los mercados mundiales.

Tras varios años de declive, el mercado lituano de los no tejidos volvió a crecer en 2024-2025 y alcanzó un valor aproximado de 55 millones de euros. La mayoría de estas empresas se concentran en los principales centros industriales o en regiones con una sólida tradición textil.

Las empresas de acabado textil realizan procesos esenciales —blanqueo, teñido, acabado, estampado y recubrimiento especializado de tejidos y prendas de punto— para dotar a los tejidos de determinadas propiedades (por ejemplo, resistencia al fuego o al agua). En Lituania hay tanto grandes empresas textiles con sus propios departamentos de acabado como proveedores especializados de servicios de acabado, como UAB «Tributum». Las empresas textiles más importantes con departamentos de acabado propios son: UAB «Utenos trikotažas», UAB «Garlita», UAB «Liningas», TŪB «Klasikinė tekstilė» y otras. Además del teñido y el blanqueo tradicionales, las empresas también ofrecen servicios más complejos, como la impresión digital sobre tejidos, lo que les permite responder

con mayor flexibilidad a los cambios en el mercado de la moda. La mayoría de las empresas de acabado prestan servicio a otros fabricantes textiles lituanos centrados en los mercados de exportación. El sector se está modernizando rápidamente, implementando tecnologías de acabado sostenibles y respetuosas con el medio ambiente que reducen el uso de agua y productos químicos, lo cual es importante para los clientes de la UE.

El segmento más importante de la industria textil lituana, en términos de número de entidades económicas, es el de la confección y la producción de prendas de vestir. El sector está dominado por pequeñas y medianas empresas (pymes). Solo alrededor del 0,2 % de todas las empresas del sector se consideran grandes (con más de 250 empleados). Más del 80 % de los productos fabricados en Lituania se exportan a países de la UE, y una gran parte de las empresas trabajan por contrato («lohn-production») para importantes marcas de moda europeas.

Según datos de finales de 2025, los volúmenes de producción de las industrias textil, de la confección y de acabado en Lituania se vieron sometidos a presión debido a los costes energéticos y a la fluctuación de la demanda en los mercados de la UE, por lo que no surgieron nuevos actores en este segmento específico de producción. En comparación con el periodo 2021-2023, el número de empresas de confección en activo ha disminuido ligeramente. Esto se debió al aumento de los costes de producción y a la disminución del consumo.

El sector textil y de la confección lituano da empleo a aproximadamente 26.000 personas a finales de 2025. Aunque históricamente este sector empleaba a más de 30.000 personas, recientemente se ha observado una disminución constante del número de empleados. La mayoría de los trabajadores están empleados en la industria de la confección, mientras que el resto trabaja en empresas de fabricación y acabado textil. A pesar del descenso, esta industria sigue siendo uno de los principales generadores de empleo en el sector manufacturero lituano. La mayoría de los empleados son mujeres. La proporción de personal de ingeniería y técnico (ingenieros de producción, tecnólogos, especialistas en mantenimiento de equipos, ingenieros de calidad) representa aproximadamente entre el 5 % y el 8 % del total de empleados del sector. A medida que el sector se aleja de la «confección barata» y se orienta hacia los textiles de alta tecnología (textiles médicos, de transporte y de protección), la necesidad de profesionales de la ingeniería crece proporcionalmente.

13.14.3. Producción, comercio internacional y competitividad

La industria europea de la confección y la confección textil se sustenta en gran medida en la producción de marcas de lujo y productos de alto valor añadido. Los fabricantes de ropa de todo el mundo se han enfrentado a retos provocados por la pandemia de COVID-19, la elevada inflación, las interrupciones en las cadenas de suministro y la competencia extranjera. A pesar de estos retos, las innovaciones tecnológicas y la revolución digital han generado nuevas oportunidades de crecimiento para el sector.

La industria textil lituana es un mercado muy desarrollado con muchos actores nacionales y algunos inversores extranjeros, principalmente escandinavos. Con uno de los crecimientos más rápidos de la UE, el sector textil de Lituania está ganando reconocimiento en los mercados del norte de Europa y de la CEI. El tamaño del mercado de la industria de fabricación de textiles y prendas de vestir en Lituania ha crecido a una tasa anual del 2,6 % en los últimos cinco años (según datos de IBISWorld). Se prevé que la industria lituana siga creciendo durante los próximos cinco años. El sector textil y de la

confección lituano es una de las industrias manufactureras más importantes, ya que da empleo a aproximadamente una cuarta parte de la mano de obra industrial total. Se prevé que el tamaño del mercado del sector alcance los 579,5 millones de euros en 2026. Tras un ligero descenso en años anteriores, a finales de 2025 se registró una recuperación de la producción (crecimiento anual del 2,6-3,5 %). El sector sigue viéndose afectado por las consecuencias de crisis pasadas y por la creciente competencia de países con menores costes, por lo que el objetivo es pasar de un modelo de mano de obra barata a una producción de mayor valor añadido. El nivel de competencia en la industria textil y de la confección en Lituania es medio y estable.

Se observa un notable aumento de la popularidad de los productos lituanos dentro del país: más del 20 % de la producción se vende ahora en el mercado nacional (frente al 8 % de hace unas décadas). Sin embargo, el sector está muy orientado a los mercados extranjeros: entre el 75 % y el 80 % de toda la producción se destina a la exportación.

Las empresas lituanas son valoradas por su flexibilidad, creatividad y capacidad para adaptarse rápidamente a las tendencias del estilo de vida moderno. Lituania está mostrando activamente sus capacidades en áreas especializadas, por ejemplo, en la producción de textiles para las fuerzas de la OTAN. La supervivencia del sector en el mercado global depende de la modernización y la inversión en productividad. La digitalización y la innovación sostenible desempeñan un papel importante.

13.15. Importancia de los microplásticos y las microfibras en el contexto nacional

El sector textil obtuvo las puntuaciones más altas en cuanto a impacto hídrico, generación de residuos, cambio climático, consumo energético, eficiencia de los materiales y prolongación del ciclo de vida, debido al gran impacto que tienen el abastecimiento de materiales, la producción, el uso y la eliminación de residuos, así como al importante potencial de mejora en todos estos aspectos, que aún no se aprovecha plenamente.

Existen diversas normativas que afectan al sector europeo de la confección. Las políticas en toda Europa se centran, entre otros aspectos, en la sostenibilidad, el comercio justo y el etiquetado, lo que influye en los procesos de fabricación y en las decisiones de los consumidores.

Para 2025, la gestión de la contaminación por microplásticos y microfibras sintéticas en Lituania se ha convertido no solo en una prioridad ecológica, sino también en una necesidad empresarial estrictamente regulada. Esto afecta directamente a la industria textil, la gestión del agua y el comportamiento de los consumidores. En el sector público, los productos textiles están sujetos a estrictos criterios de protección medioambiental, lo que limita el uso de productos químicos y fibras contaminantes. Lituania se posiciona como fabricante de productos de fibra natural de alta calidad, lo que le proporciona una ventaja competitiva en un mercado en el que las microfibras sintéticas (poliéster, nailon) se consideran una fuente de contaminación.

En 2025, los debates científicos en Lituania (por ejemplo, en la Universidad Tecnológica de Kaunas) destacan que los microplásticos y los nanoplásticos penetran en el cuerpo humano a través de la cadena alimentaria (especialmente el pescado), lo que supone una amenaza a largo plazo para la salud.

Los estudios muestran que se detectan constantemente partículas de microplásticos en muestras de los ríos lituanos y de la Laguna de Curonian. La principal fuente son las aguas residuales de las lavadoras, a través de las cuales las partículas de fibra sintética llegan a las instalaciones de tratamiento y, posteriormente, a las aguas abiertas. Las plantas de tratamiento de aguas residuales que operan en Lituania retienen una gran parte de estas fibras, pero las partículas de fibra más pequeñas (menores de 500 µm) siguen llegando a las aguas abiertas.

En virtud del Reglamento (UE) 2023/2055, a finales de 2025 entraron en vigor nuevas restricciones sobre la adición intencionada de microplásticos en los productos. Las empresas tienen como fecha límite el 31 de mayo de 2026 para adaptarse a determinadas prohibiciones relativas a las partículas de polímeros sintéticos. A partir de 2026, se aplicarán requisitos más estrictos a los productores y proveedores de microplásticos en lo que respecta a la presentación de informes anuales sobre las cantidades liberadas al medio ambiente.

13.16. Fuentes nacionales de emisión de microfibras

13.16.1. Fase de Producción

La liberación de microfibras durante la fase de producción textil y de prendas de vestir en Lituania se produce a través de varios procesos tecnológicos clave. Aunque la mayor parte de la contaminación por microplásticos se asocia a la fase de consumo (lavado), la fase de producción genera una cantidad significativa de microfibras primarias:

- Procesos de fabricación en húmedo (contaminación de las aguas residuales). Esta es la principal vía por la que las microfibras pasan de las fábricas al medio ambiente. Los mayores riesgos son:
 - Acabado y lavado de tejidos: El lavado final de los productos antes de su envío a los clientes elimina los residuos de fabricación, pero también arrastra las fibras sueltas.
 - Tintura y estampado: Los efectos mecánicos y químicos en los baños de tintura debilitan la estructura de la fibra, lo que hace que las partículas de fibra sean más propensas a romperse y pasar a las aguas residuales de producción.
- Procesamiento mecánico (contaminación atmosférica y de residuos sólidos). Durante el impacto mecánico, las microfibras se liberan no solo en el agua, sino también en el aire:
 - Hilado y bobinado: el retorcido y el estiramiento mecánico de la fibra provocan fricción, lo que hace que las partículas finas se separen y se conviertan en polvo en suspensión.
 - Corte y costura: Al cortar los tejidos se abren los extremos de la fibra, por lo que las microfibras se desprenden directamente en los puntos de corte. En Lituania, donde el sector de la costura es muy importante, esta fase genera una gran cantidad de residuos finos.
 - Tejeduría de calda y de punto: El movimiento constante de los hilos a través del telar provoca abrasión mecánica.
- Procesos de fabricación especializados:

- Producción de tejidos de pelo (p. ej., vellón): el frotamiento mecánico de la superficie del tejido para conferirle suavidad es una de las fuentes más intensivas de generación de microfibras.
- Fabricación de fibras sintéticas: durante la producción de poliamida (nylon) o poliéster (fusión, estiramiento), pueden formarse partículas de polímero, que se clasifican como microplásticos añadidos intencionadamente o accidentales.
- Gestión de residuos y reciclaje:
 - Gestión de residuos de producción: Los residuos textiles (retales, desechos) almacenados o manipulados de forma inadecuada pueden descomponerse en microfibras bajo la influencia de factores ambientales.
 - Procesos de reciclaje: Dado que Lituania invertirá más de 10 millones de euros en el reciclaje textil en 2025-2026, la trituración mecánica de tejidos viejos se está convirtiendo en una nueva fuente de microfibras, lo que requiere soluciones de filtración específicas.

13.16.2. Fase de uso

Además del uso de pesticidas en el cultivo del algodón, los efectos tóxicos para las personas están relacionados con la liberación de microfibras durante el lavado, que pueden entrar en la cadena alimentaria y afectar a la salud humana, así como a las consecuencias para la salud de los trabajadores, a lo que se suman los efectos de las emisiones de fragmentos de fibras transportadas por el aire en las fábricas. Las microfibras también pueden transportar sustancias tóxicas en su superficie o en su interior.

La liberación de microfibras en la fase de consumo y cuidado de los textiles en Lituania constituye un reto medioambiental clave, ya que las aguas residuales domésticas siguen siendo una de las mayores fuentes de microplásticos primarios. Principales fuentes y factores de la liberación:

- Lavado doméstico (fuente principal). Durante un solo ciclo de lavado, la ropa puede liberar entre unos cientos de miles y unos millones de partículas de microfibras. Esto depende de:
 - Productos nuevos: la liberación más intensa se produce durante los primeros 8 ciclos de lavado, tras los cuales las emisiones se estabilizan.
 - Tipo de tejido: Los tejidos sintéticos (poliéster, nylon, acrílico) son las principales fuentes de contaminación plástica, pero los estudios muestran que los productos de fibras naturales pueden liberar niveles totales de fibras aún más elevados durante el lavado.
 - Tipo de prenda: Los tejidos de punto y los tejidos mullidos (por ejemplo, los jerséis de forro polar) liberan una cantidad significativamente mayor de microfibras que los tejidos de trama tupida.
- Condiciones de lavado que influyen en la liberación de microfibras:

- Temperatura y duración: Las temperaturas elevadas (por encima de los 40 °C) y los ciclos de lavado largos favorecen la degradación de las fibras.
- Proporción de agua por tejido: Lavar una carga pequeña con una gran cantidad de agua aumenta la fricción y la pérdida de fibras. Un tambor completamente lleno reduce las emisiones.
- Impacto mecánico: Las altas velocidades de centrifugado y el fuerte impacto mecánico en la lavadora dañan físicamente las fibras.
- Secado: Las secadoras de ropa que expulsan el aire al exterior son una de las principales fuentes de contaminación atmosférica por microfibras en las ciudades.
- Liberación directa durante el uso (emisión al aire): Aunque a menudo se hace hincapié en el lavado, las investigaciones científicas ponen de relieve que durante el uso se liberan al aire cantidades de microfibras similares o incluso superiores a las que se liberan al agua. El movimiento, la fricción contra otras superficies y el viento dispersan constantemente las partículas directamente al medio ambiente.

13.16.3. Gestión al final de su vida útil

En 2015, la industria textil y de la confección a nivel mundial generó 92 millones de toneladas de residuos. Se calculó que el 30 % de las prendas se producen en exceso y se desechan sin haber sido usadas ni una sola vez, con el fin de preservar la exclusividad de la marca. Todas estas prendas suelen acabar simplemente (y a veces de forma ilegal) en vertederos. En lo que respecta a los residuos posconsumo, los textiles desechados equivalen a 5 millones de toneladas de residuos textiles al año en los países de la UE, con una recogida selectiva total declarada en 13 países de la UE de alrededor de 2 millones de toneladas al año (AEMA). El 87 % de los residuos textiles se deposita en vertederos o se incinera tras su uso final. Aumentar la resistencia de los tejidos a la desintegración o encontrar materiales alternativos que puedan biodegradarse de forma segura si se filtran al medio ambiente pueden ser algunas de las medidas para prevenir la formación de microfibras.

Desde el 1 de enero de 2025, la recogida selectiva obligatoria de textiles en Lituania ha sustituido a la siguiente fase:

- Reciclaje mecánico: cuando los textiles usados se trituran para obtener nuevas fibras, el proceso genera una alta concentración de microfibras, lo que, según las normas del sector, exigirá una filtración estricta a partir de 2026.
- Polvo de los vertederos: los textiles desechados de forma inadecuada, expuestos a los rayos UV y al viento, se descomponen en micro y nanopartículas que penetran en las aguas subterráneas.

Aunque las instalaciones modernas (en Vilna y Kaunas) retienen hasta un 90-99 % de los microplásticos, estos no desaparecen, sino que permanecen en los lodos. En 2026, se está debatiendo la posibilidad de limitar el uso de dichos lodos en la agricultura para que las microfibras no penetren en el suelo ni en la cadena alimentaria.

13.17. Estudios científicos y técnicos nacionales

En los últimos años, Lituania ha prestado especial atención a los retos relacionados con la sostenibilidad y está llevando a cabo un número cada vez mayor de investigaciones científicas y técnicas relacionadas con la reducción de la contaminación por microplásticos y microfibras. Estas investigaciones se realizan en colaboración con instituciones científicas e industriales, lo que contribuye a profundizar en el conocimiento sobre cómo reducir la cantidad de microplásticos y microfibras a lo largo de todo el ciclo de vida de los textiles mediante proyectos en curso.

13.17.1. Instituciones de investigación activas

Varias instituciones de investigación lituanas están llevando a cabo activamente estudios sobre los microplásticos y las microfibras, centrándose en la vigilancia medioambiental, los impactos toxicológicos y la mitigación a través de la sostenibilidad textil y los bioplásticos. Las instituciones de investigación nacionales y las universidades lituanas desempeñan un papel importante en la aplicación de los principios de sostenibilidad a nivel nacional e internacional, incluida la investigación para reducir la liberación de microplásticos y microfibras mediante soluciones tecnológicas en el sector textil. Las instituciones que coordinan dicha investigación son el Consejo de Investigación de Lituania (RCL), la Agencia Central de Gestión de Proyectos (CPVA) y otras, que han desarrollado varias líneas de investigación destinadas a detectar y recoger microplásticos en los ecosistemas marinos y continentales y en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Durante dicha investigación, se detectaron altos niveles de microplásticos y microfibras en las aguas costeras de Lituania y en los sedimentos de las plantas de tratamiento (Todas las muestras están contaminadas: una nueva investigación muestra el alcance de la contaminación por microplásticos en Lituania (en lituano), publicado el 11-09-2024). La Agencia Central de Gestión de Proyectos (CPMA) puso en marcha la campaña de comunicación con motivo de la clausura del programa «Medio ambiente, energía y cambio climático» del Mecanismo Financiero Noruego 2014-2021. El objetivo de la campaña era dar a conocer los resultados del programa ejecutado, cuyo fin es mejorar el estado medioambiental de los ecosistemas en Lituania y reducir el impacto negativo de la contaminación y otras actividades humanas. Los resultados de la investigación revelaron que hasta el 97 % de los microdesperdicios detectados eran fibras procedentes de ropa sintética, redes u otros textiles. Estos datos muestran cómo los hábitos cotidianos afectan al estado del medio ambiente.

En Lituania se presta especial atención al tratamiento de las aguas residuales, ya que el país cuenta con una cantidad excepcional de agua dulce limpia en Europa, lo que se considera un valor nacional (Figura 1). Según los datos que se muestran en la Figura 1, se observa que las aguas residuales urbanas de Lituania cumplen casi al 100 % los estrictos requisitos de la Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (UWWTD).

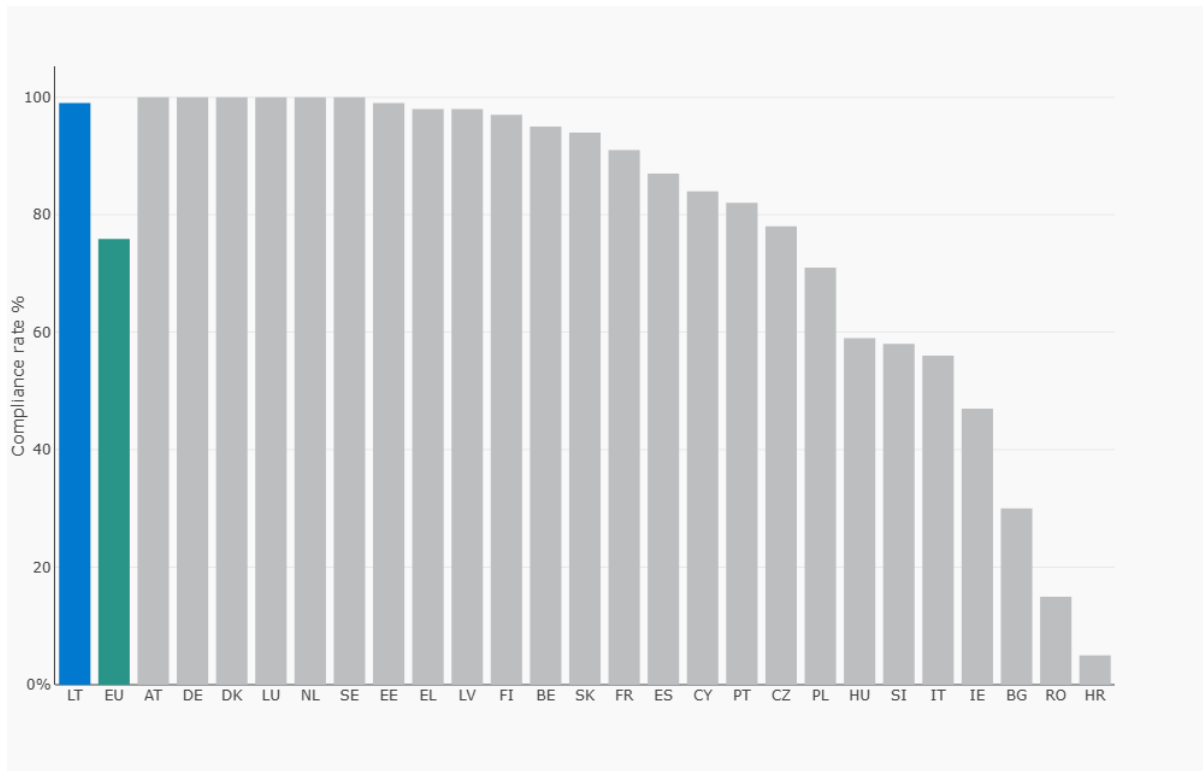


Figura 1: Porcentaje de aguas residuales urbanas que cumplen todos los requisitos de la Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (recogida, tratamiento biológico, tratamiento biológico con eliminación de nitrógeno y/o fósforo) en las zonas urbanas que cumplen la normativa (según la Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas)

El Centro de Investigación de la Naturaleza (NRC) se centra en los aspectos ecológicos y toxicológicos de la contaminación por microplásticos en entornos terrestres y acuáticos. En 2025, los investigadores del NRC han organizado talleres sobre el análisis de los daños provocados por los microplásticos en los eritrocitos de los peces y sobre las repercusiones más amplias de los microplásticos en la biota acuática.

El Centro de Ciencias Físicas y Tecnología (FTMC) ha participado en el desarrollo de tecnologías experimentales para la observación y mitigación de partículas de aerosol submicrónicas y contaminantes acuáticos, lo que incluye la organización de talleres sobre la toxicidad de los microplásticos y la contaminación atmosférica.

El Instituto Lituano de Energía (LEI) está investigando actualmente el transporte de microplásticos en las plantas mediante sistemas microfluídicos para comprender cómo estos contaminantes entran en la cadena alimentaria.

13.17.2. Proyectos de investigación universitarios

La Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU) es líder en soluciones de mitigación y economía circular, especialmente en lo que respecta a los textiles sintéticos y las alternativas al plástico. Desarrolla soluciones y planes de estudios sostenibles para reducir la liberación de microplásticos y microfibras sintéticas en los sectores textil y de la moda; lleva a cabo análisis macroambientales sobre el reciclaje de plásticos y la gestión sistémica de residuos para prevenir la formación de microplásticos.

La Universidad de Klaipėda (KU) y el Instituto de Investigación Marina son fundamentales para la vigilancia marina y la investigación en tecnología marítima. Llevan a cabo la vigilancia del mar Báltico, investigan la presencia y distribución de microplásticos en las aguas superficiales y las aguas residuales de Lituania y Letonia, y utilizan la infraestructura de acceso abierto de Marine Valley para la investigación fundamental sobre entornos costeros y tecnologías marítimas (una parte de la infraestructura del Instituto de Investigación Marina se estableció tras la aprobación por parte del Gobierno lituano (23 de julio de 2008, Resolución n.º 786) el Programa del Centro Integrado de Ciencia, Estudios y Empresa (Valley) para el Desarrollo del Sector Marítimo Lituano con el objetivo de establecer y desarrollar Marine Valley en Klaipėda).

El Centro de Ciencias de la Vida de la Universidad de Vilna (VU) investiga la degradación biológica de los plásticos, estudiando microorganismos que podrían descomponer los polímeros plásticos en entornos reales, y colabora con el NRC en la identificación de microplásticos y en estudios geoquímicos de los contaminantes costeros.

13.17.3. Investigación de la industria

La investigación industrial lituana sobre microplásticos y microfibras se concentra principalmente en los sectores textil, de gestión de residuos y de tecnología del agua, a menudo a través de colaboraciones público-privadas:

1. Industria textil y de la moda. La investigación en este sector se centra en identificar los puntos de desprendimiento y en desarrollar «competencias ecológicas» para una producción sostenible:

- LTP Group (<https://www.ltpgroup.com/>): este importante fabricante textil lituano se ha asociado con marcas globales (como Vaude) y comunidades científicas en iniciativas como TextileMission para mitigar la liberación de microfibras de la ropa sintética.

2. Gestión de residuos y reciclaje. Los líderes del sector están investigando mejoras sistémicas para evitar que los residuos plásticos «macro» se degraden en microplásticos:

- Proyecto *BALTIPLAST (2024-2026)*: Empresas como UAB «Nivela», la Agencia de Desarrollo Regional de Kaunas y el Centro Regional de Gestión de Residuos de Kaunas están llevando a cabo de forma activa inventarios de plásticos con el fin de eliminar progresivamente los plásticos de un solo uso y optimizar los ciclos de residuos industriales. El proyecto BALTIPLAST, puesto en marcha en 2023, reúne a municipios, investigadores, ONG y especialistas medioambientales de toda la región del mar Báltico (<https://interreg-baltic.eu/project/baltiplast/>). Este proyecto Interreg de la región del mar Báltico ha dotado a los municipios de herramientas prácticas para reducir los plásticos de un solo uso y mejorar la gestión de residuos.

3. Tecnologías de tratamiento y control del agua: impacto de las lavanderías industriales. Estudios recientes a escala industrial realizados en Lituania (2025) han analizado la contribución de las instalaciones de lavandería textil industrial (ITLF) a la carga de microplásticos en las aguas residuales municipales, y han revelado que una sola instalación puede aportar hasta el 13 % del aporte total.

- Sensibilidad de detección (NanoTRAP): El Consejo de Investigación de Lituania financia actualmente el proyecto NanoTRAP (2025-2026), coordinado por la KTU, para desarrollar superficies con nanopatrones destinadas a la detección industrial rápida de trazas de microplásticos y nanoplasticos en las líneas de producción.
- Inobiostar (Klaipėda): Esta empresa derivada del ámbito tecnológico sigue investigando la aplicación de aerogeles avanzados (destinados originalmente a los vertidos de petróleo) para la filtración de microcontaminantes en los vertidos de aguas industriales.
- FanPLESStic-sea fue un proyecto Interreg de la UE centrado en reducir la contaminación por microplásticos en el mar Báltico mediante la cartografía de las vías de entrada, la puesta a prueba de nuevas tecnologías de filtración y drenaje sostenible, y la elaboración de recomendaciones políticas con socios de ocho países. Su impacto incluye nuevos modelos de flujo de microplásticos, soluciones innovadoras de eliminación, una mayor cooperación regional y marcos políticos para la gestión sostenible del agua, promoviendo soluciones en las fases iniciales y la sensibilización pública. El proyecto fue ejecutado por la Cámara de Comercio, Industria y Artesanía de Siauliai (SCCIC), Lituania, en cooperación con socios de Suecia, Finlandia, Letonia y Polonia. Los resultados de este proyecto se han integrado en los programas nacionales de seguimiento de Lituania para el mar Báltico y la laguna de Curonian.

4. Sector agrícola:

- Proyecto PLASTRO (2025-2026): En colaboración con el Centro Lituano de Investigación Agrícola y Forestal (LAMMC), se está llevando a cabo una investigación sobre el transporte de microplásticos a través de los sistemas vegetales mediante el uso de la microfluídica, con el fin de ayudar al sector agrícola a seleccionar cultivos más resistentes a la contaminación.

13.17.4. Participación en proyectos de la UE

Las universidades e instituciones de investigación lituanas participan activamente en proyectos financiados por la Unión Europea y por distintos países de la UE (especialmente los países nórdicos y bálticos) destinados a abordar la sostenibilidad del sector textil en general y la liberación de microplásticos al medio ambiente en particular. Estas iniciativas cuentan con la financiación de programas como LIFE, Horizonte 2020, Horizonte Europa e Interreg, así como de los países nórdicos (por ejemplo, el Programa del Instituto Sueco) y el Programa de Cooperación de la Región del Mar Báltico, entre otros.

El proyecto MicroPlastGuard «Mitigación de la contaminación por microplásticos a través de la cooperación avanzada en el Báltico» (llevado a cabo por la KTU entre 2024 y 2026 en colaboración con la Universidad de Borås, Suecia, y la Universidad Tecnológica de Lodz, Polonia) se centra en mitigar la contaminación por microplásticos procedente de textiles sintéticos en la región del mar Báltico mediante el establecimiento de métodos de ensayo estandarizados para cuantificar la liberación de fibras durante el lavado y la producción.

El proyecto de desarrollo de bioplásticos, ejecutado por la KTU (2024-2026), tiene como objetivo la creación de bioplásticos bioactivos y biodegradables a partir de polisacáridos sostenibles para sustituir a los plásticos sintéticos tradicionales. Se ha llevado a cabo un análisis macroambiental sobre el reciclaje de plásticos y la gestión sistémica de residuos para prevenir la formación de microplásticos.

El proyecto «Modelización del transporte de microplásticos en las plantas mediante sistemas microfluídicos», llevado a cabo por el Instituto Lituano de Energía (LEI), se centra en la acumulación de microplásticos y microfibras sintéticas y su interacción con los tejidos vegetales, así como en cómo esto afecta a la eficiencia fotosintética de las plantas y a su resistencia al estrés ambiental. Se destaca que la contaminación por microplásticos es un problema medioambiental de alcance mundial. Solo en los países de la Unión Europea, las fibras textiles sintéticas representan alrededor del 35 % de los microplásticos que se encuentran en el medio ambiente. Según la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), cada año se vierten al medio ambiente unas 13 000 toneladas de microplásticos durante el lavado. Estas partículas se encuentran en todas partes —en el agua, el suelo y la atmósfera— y desde allí pasan al cuerpo humano. La contaminación por microplásticos altera las propiedades del suelo, lo que afecta a la fisiología de las plantas que crecen en él.

El Centro Lituano de Investigación de la Naturaleza ha puesto en marcha el proyecto INSIGNIA-bee, una acción preparatoria para la monitorización de la contaminación ambiental mediante abejas melíferas (<https://www.insignia-bee.eu/>), una iniciativa vinculada a Horizonte Europa, que utiliza colonias de abejas melíferas como bioindicadores para monitorizar los contaminantes ambientales, incluidos los microplásticos, en toda la UE, incluida Lituania.

El proyecto MicroDrink (2024-2026) es una iniciativa financiada por la UE centrada en armonizar el control de los microplásticos en la región del Danubio mediante el desarrollo de herramientas de acceso abierto, buenas prácticas y formación para las partes interesadas, lo que respalda directamente los requisitos de la nueva Directiva de la UE sobre el agua potable en lo que respecta al control de contaminantes emergentes, como los microplásticos, en el agua del grifo en toda la UE, incluida Lituania, al proporcionar métodos y conocimientos estandarizados. (https://environment.ec.europa.eu/news/microdrink-removing-microplastics-drinking-water-2025-03-10_en).

13.18. Estudio de casos

En Lituania, en los últimos años se han desarrollado y puesto en marcha iniciativas y proyectos destinados a reducir y mitigar la presencia de microplásticos en el agua y el medio ambiente. Estos estudios de caso reflejan la aplicación práctica de soluciones tecnológicas, industriales y municipales. El análisis de estos casos permite identificar medidas concretas, resultados cuantificables y lecciones aprendidas, lo que contribuye a la transferencia de buenas prácticas y a la replicación de soluciones en otros contextos nacionales y europeos.

13.18.1. Estudio de la aplicación de extractos de plantas medicinales para conferir propiedades antibacterianas a los materiales textiles destinados a la impresión por sublimación (13.1.1-LVPA-K-856-01-005)

Contexto

El proyecto de I+D fue llevado a cabo por la empresa textil lituana UAB «Textilis» en colaboración con la Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU). UAB «Textilis», con sede en Kaunas, se especializa en la producción textil, el desarrollo de diseños, la sublimación y la impresión digital. Los tejidos que producen son respetuosos con el medio ambiente, tienen propiedades funcionales excepcionales y

diseños distintivos. La capacidad de la empresa para mantenerse competitiva en los mercados internacionales se ve favorecida por el desarrollo y la actualización constantes de las colecciones, el control de calidad de los tejidos, la introducción de nuevas tecnologías de acabado de tejidos y el asesoramiento de especialistas en textiles.

Problema identificado

Uno de los grupos de productos que fabrica UAB Textilis son los tejidos sintéticos estampados mediante sublimación. Dado que la empresa se centra en la producción sostenible, optó por la impresión por sublimación en lugar de la tintura convencional para estampar los tejidos. Teniendo en cuenta que los productos textiles sintéticos liberan micropartículas de fibras sintéticas al agua durante el lavado, lo que supone una peligrosa contaminación ambiental, la empresa puso en marcha un proyecto que le permitió reducir el número de lavados durante el uso.

Intervención implementada

Utilizando extractos vegetales antibacterianos naturales, la empresa ha desarrollado una metodología para combinar el tratamiento de los tejidos con agentes antibacterianos y la impresión por sublimación en un único proceso de acabado (creando diseños individuales e imprimiendo solo las partes destinadas a la confección del producto, y no todo el ancho del tejido, lo que también reduce el consumo de tinte y la posible contaminación adicional). Es importante destacar que, al dotar a los tejidos de actividad antibacteriana, se puede reducir significativamente el número de lavados.

Resultados cuantitativos

Durante la investigación se constató que el número de lavados puede reducirse hasta en un 3 o 4, ya que el tejido con propiedades antibacterianas protege el producto de la multiplicación de bacterias patógenas bajo la influencia del sudor. Teniendo en cuenta que la mayoría de las microfibras sintéticas pasan al agua precisamente durante el lavado, esto supone un gran avance en la reducción de la contaminación por microplásticos.

Participación de las partes interesadas

Los tejidos con actividad antibacteriana desarrollados por UAB Textilis han tenido una muy buena acogida entre los consumidores, llamando su atención sobre el daño medioambiental causado por el sector textil. Estos resultados de la investigación se seguirán desarrollando en la KTU, así como en el Centro de Ciencias de la Vida de la Universidad de Vilna (VU).

Lecciones aprendidas

Los resultados del proyecto ejecutado han demostrado que el número de lavados de los productos textiles durante su ciclo de vida puede reducirse significativamente, lo que no solo contribuye al ahorro de recursos (agua, electricidad), sino que también reduce la contaminación provocada por las microfibras, los detergentes y los suavizantes utilizados durante el lavado doméstico.

Información de contacto

Web: <https://www.textilis.lt/>

13.18.2. Desarrollo de soluciones tecnológicas para la fabricación de almohadillas absorbentes del sudor (01.2.1-MITA-T-851-01-0196)

Contexto

El proyecto de I+D fue llevado a cabo por la pyme lituana MB «Rūpestingi namai» en colaboración con la Universidad Técnica de Kaunas (KTU) y la Universidad Lituana de Ciencias de la Salud. MB «Rūpestingi namai» es una empresa pequeña, joven e innovadora que pone en marcha diversas iniciativas centradas en la sostenibilidad. El objetivo principal del proyecto fue crear un nuevo modelo de almohadilla absorbente para el sudor de las axilas, sin ningún otro producto igual en el mercado. Este producto está dirigido a consumidores con piel incluso sensible, y además protege la ropa del sudor, absorbiéndolo sin dejar marcas, y de los malos olores causados por el crecimiento de bacterias patógenas en el medio sudorífero. Las almohadillas para las axilas son un producto innovador debido a su diseño minimalista, su composición de fibras sostenibles y el uso de ingredientes activos; además, las almohadillas para las axilas se fabrican a partir de residuos de corte.

Problema identificado

Dado que se sabe que la principal liberación de microfibras de los textiles se produce durante los procesos de lavado y que la principal fuente de microfibras liberadas se encuentra en las aguas residuales de las lavadoras, a través de las cuales las partículas de fibra sintética llegan a las instalaciones de tratamiento y, posteriormente, a las aguas abiertas, es de suma importancia implementar medidas que reduzcan la frecuencia con la que es necesario lavar los productos textiles.

Intervención implementada

Dado que las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad tienen actualmente una importancia especial, el objetivo del proyecto llevado a cabo consistía en seleccionar fibras sostenibles, naturales y fácilmente degradables para la fabricación de almohadillas para las axilas, las cuales, a su vez, debían garantizar la capilaridad necesaria, así como la absorción estática y dinámica de la humedad. La estructura de la almohadilla debe ser tal que garantice su delgadez (invisibilidad) y, al mismo tiempo, una alta capacidad de sorción, una rápida absorción del sudor del cuerpo y su «retención» en la capa interna, evitando que la humedad penetre hacia el exterior. Dado que las almohadillas para las axilas de dos capas tienen una alta capacidad de sorción y protegen la ropa del sudor y del mal olor causado por el crecimiento de bacterias patógenas en el medio sudorífero, ayudan no solo a resolver los problemas de las personas que sudan más de lo habitual, sino que también reducen significativamente el número de lavados. Además, las almohadillas para las axilas fueron tratadas con sustancias antimicrobianas naturales y ecológicas, lo que influye adicionalmente en la disminución del número de lavados necesarios.

Resultados cuantitativos (reducción en kg/año, %, etc.)

Durante la investigación se descubrió que el número de lavados puede reducirse hasta cinco veces, ya que las almohadillas para las axilas absorben y «retienen» el sudor en su estructura interna y, además, el tratamiento antibacteriano de las almohadillas protege el producto contra la proliferación de bacterias patógenas bajo la influencia del sudor. Teniendo en cuenta que la mayoría de las microfibras sintéticas pasan al agua precisamente durante el lavado, se trata de un gran logro en la reducción de la contaminación por microplásticos.

Participación de las partes interesadas

Los productos de nuevo desarrollo llamaron la atención de los consumidores y despertaron un gran interés. Esto también atrajo la atención de los minoristas y proporcionó a ambos grupos una mayor conciencia de los retos de sostenibilidad asociados al consumo de productos textiles. Los estudiantes universitarios también participaron en este trabajo, lo que contribuyó a sensibilizarlos, algo muy importante para los jóvenes ingenieros y futuros especialistas que trabajarán en empresas de la industria textil.

Lecciones aprendidas

Los resultados del proyecto ejecutado han demostrado que el número de lavados de los productos textiles durante su ciclo de vida puede reducirse significativamente, lo que no solo contribuye al ahorro de recursos (agua, electricidad), sino que también reduce la contaminación por microfibras, detergentes y suavizantes utilizados durante el lavado doméstico.

13.19. Principales retos y obstáculos

Lituania se enfrenta a varios retos y obstáculos fundamentales en la reducción de las microfibras y los microplásticos, que van desde las limitaciones tecnológicas en el tratamiento de aguas residuales hasta las barreras económicas y normativas.

13.19.1. Barreras tecnológicas y de infraestructuras

- Eficiencia de eliminación insuficiente: Aunque las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Lituania eliminan actualmente aproximadamente el 57 % de los microplásticos durante las etapas primaria y secundaria, una parte significativa sigue llegando al medio ambiente. Las tecnologías actuales suelen tener dificultades para filtrar partículas más pequeñas o aquellas con formas complejas, como las microfibras.
- Limitaciones del reciclaje: El reciclaje de alta calidad sigue siendo un obstáculo importante. Las tecnologías para reciclar envases compuestos (utilizados a menudo por motivos estéticos o para prolongar la vida útil) suelen ser ineficaces, tanto desde el punto de vista económico como medioambiental.
- Deficiencias en las infraestructuras: Las medidas de mitigación en origen, como los filtros de microfibras obligatorios para las lavadoras, se encuentran todavía en fase de estudio o de adopción temprana y requieren su integración en las cadenas de suministro industriales existentes.

13.19.2. Retos económicos y de mercado

- Baja competitividad en el mercado: Los plásticos reciclados en Lituania suelen venderse a precios entre dos y tres veces inferiores a los de los plásticos vírgenes. Esta diferencia de precios, agravada por un exceso de oferta de plástico virgen barato procedente de los mercados mundiales (por ejemplo, China y América del Norte), disuade a los fabricantes de optar por alternativas sostenibles.
- Altos costes operativos: Las tecnologías avanzadas de eliminación de microplásticos (por ejemplo, la oxidación avanzada o la filtración por membrana) conllevan elevados costes

de funcionamiento, lo que dificulta financieramente su implantación generalizada en muchos municipios.

13.19.3. Obstáculos normativos y estratégicos

- Normativa obsoleta y dispar: Las antiguas directivas de la UE permitían a los Estados miembros aplicar la gestión de los plásticos de formas diferentes, lo que daba lugar a resultados dispares. Si bien un nuevo reglamento de la UE de 2024 tiene como objetivo la uniformidad, su plena integración en la legislación y la práctica nacionales de Lituania sigue siendo un reto para 2026.
- Objetivos no alcanzados: Lituania y la UE no han alcanzado el objetivo de reciclar el 50 % de los plásticos para 2025; el nuevo objetivo es alcanzar el 55 % para 2030.
- Lagunas en el seguimiento: Existe una falta de terminología estandarizada y de metodologías de seguimiento coherentes a nivel mundial para cuantificar con precisión la abundancia de microplásticos en ecosistemas como la Laguna de Curonian.

13.19.4. Barreras medioambientales y sociales

- Actitudes públicas y mitos: La motivación de la población para clasificar los residuos se ve mermada por el mito persistente de que los residuos clasificados acaban siendo incinerados o depositados en vertederos. La limpieza de los residuos también varía significativamente según la ubicación (por ejemplo, bloques de apartamentos en Kaunas frente a viviendas unifamiliares), lo que demuestra que las normas sociales influyen en gran medida en la calidad de la clasificación.
- Fugas de fuentes primarias: Los microplásticos procedentes de emisiones del tráfico no relacionadas con los gases de escape (desgaste de neumáticos y frenos) y los gránulos de plástico (que ahora están regulados por el Reglamento (UE) 2025/2365 a partir de finales de 2025) siguen filtrándose al medio ambiente antes de que puedan gestionarse de forma eficaz.
- Lagunas de conocimiento: Existen pocos estudios sobre el destino ambiental de los microplásticos en suspensión en el aire y su interacción con la infraestructura verde urbana en Lituania.

13.20. Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional

El éxito de Lituania en la reducción de los microplásticos y las microfibras se debe a una combinación de investigación académica transfronteriza, innovación del sector privado y un ecosistema de tecnologías limpias en expansión. La reducción de las microfibras y los microplásticos en Lituania se caracteriza por colaboraciones avanzadas entre el ámbito académico y el industrial, un sector de «tecnologías limpias» en pleno desarrollo e iniciativas municipales proactivas en materia de residuos.

13.20.1. Tecnologías innovadoras

MicroPlastGuard

El proyecto conjunto entre la KTU, socios suecos y polacos «MicroPlastGuard: Mitigación de la contaminación por microplásticos mediante la cooperación avanzada en el Báltico» se centra en el establecimiento de métodos de ensayo estandarizados para cuantificar la liberación de microfibras durante el lavado y en la sensibilización de las marcas de moda. El proyecto aborda el problema de la contaminación por microplásticos en la región del mar Báltico, centrándose especialmente en la amenaza que suponen los microplásticos procedentes de los tejidos sintéticos. El proyecto responde

directamente al desafío generalizado y cada vez mayor que supone la contaminación por microplásticos en el mar Báltico. El proyecto ha desarrollado metodologías de ensayo para cuantificar la liberación de microplásticos y tiene como objetivo desarrollar recubrimientos y acabados innovadores para mitigar las emisiones de microplásticos de los tejidos sintéticos. Este proyecto también desarrolla recubrimientos y acabados innovadores para tejidos sintéticos, diseñados para reducir significativamente la liberación de microplásticos durante su ciclo de vida.

<https://midf.ktu.edu/projects/mikroplastiko-tarsos-mazinimas-per-pazangu-baltijos-saliu-bendradarbiavima-microplastguard/>

<https://si.se/en/projects-granted-funding/microplastguard-mitigating-microplastics-pollution-through-advanced-baltic-cooperation/>

Tecnología avanzada de conversión de residuos en energía

Investigadores lituanos han sido pioneros en el desarrollo de un método para tratar las microfibras recogidas de fuentes industriales y domésticas como un recurso en lugar de como un residuo. Científicos de la Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU) y del Instituto Lituano de Energía (LEI) han desarrollado una planta piloto de pirólisis que convierte las microfibras sintéticas (capturadas de las secadoras de ropa) en productos energéticos. Este proceso de descomposición térmica alcanza una tasa de conversión del 70 %, produciendo aceite, gas y carbón vegetal. Se estima que la basura de 1 millón de personas podría producir 14 toneladas de aceite y 21,5 toneladas de gas al año. Esta descomposición térmica evita que las microfibras atrapadas en los lodos vuelvan al medio ambiente a través de su aplicación en terrenos agrícolas.

13.20.2. Iniciativas municipales y de la industria

TextileMission

LTP Group, uno de los principales fabricantes textiles de Lituania, se ha asociado con marcas internacionales como Vaude en el proyecto internacional «TextileMission», que cuenta con el apoyo del Ministerio Federal de Educación e Investigación de Alemania (BMBF). Esta iniciativa se centra en el desarrollo de nuevos tejidos y técnicas de lavado que reduzcan significativamente la liberación de microfibras. «TextileMission» adopta un enfoque multifacético con objetivos medibles bien definidos. Una de las áreas del proyecto se centró específicamente en optimizar los procesos de producción y las técnicas de ensamblaje de vanguardia para reducir significativamente las cantidades de micropartículas liberadas durante esta etapa. En el marco del proyecto, fue aquí donde se requirió la experiencia de LTP.

<https://www.ltpgroup.com/news-trends/searching-for-innovative-solution-approaches-against-microplastics-with-vaude>

<https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ifw/forschung/aktuelle-forschungsprojekte/TextileMission-Microplastics-of-Textile-Origin-Retention-of-Polyester-Particles-in-the-Sewage-Treatment-Plant-and-Environmental-Stability-of-new-Materials>

El modelo de gestión de residuos de Alytus

La ciudad de Alytus se ha convertido en un ejemplo a nivel nacional de éxito en la prevención y la clasificación de residuos, demostrando cómo las iniciativas educativas locales pueden desmontar el mito de que los residuos clasificados no se reciclan. Se trata de un sistema innovador y basado en datos, centrado en la reducción, la clasificación y la reutilización de residuos, que utiliza contenedores inteligentes con cerraduras electrónicas (pago por uso) para animar a los residentes a clasificar los residuos mediante el seguimiento del uso, y que implementa sistemas de reutilización como «TikoTiks» para los artículos, lo que la convierte en líder en la gestión inteligente de residuos en Lituania. La recogida y el tratamiento innovadores y responsables de los residuos ayudan a reducir la cantidad de residuos peligrosos que llegan al medio ambiente, incluidos los textiles o los productos de plástico, a partir de los cuales los microplásticos penetran en las aguas subterráneas a través del suelo.

<https://novian.io/news/alytus-regional-waste-management-system-integrates-data-from-over-100000-users/>

13.20.3. Certificaciones o sistemas voluntarios

Lituania combate los microplásticos y las microfibras mediante una combinación de informes obligatorios de la UE, rigurosas normas textiles internacionales y programas voluntarios de responsabilidad corporativa. Las empresas líderes del sector textil lituano, como Omniteksas y Neaustima, utilizan certificaciones internacionales para validar sus normas sobre microfibras y seguridad:

- OEKO-TEX® STANDARD 100: Ampliamente adoptada en Lituania para certificar que los textiles han sido sometidos a pruebas de detección de sustancias nocivas. Las actualizaciones recientes incluyen límites más estrictos sobre la liberación de fibras sintéticas y el uso de PET reciclado procedente de botellas postconsumo.
- Global Organic Textile Standard (GOTS): utilizada por los productores lituanos para garantizar un contenido mínimo del 70 % de fibra natural orgánica, lo que reduce de forma natural la liberación de microfibras sintéticas en comparación con los sintéticos puros.
- Higg MSI (Índice de Sostenibilidad de Materiales): Las empresas lituanas lo utilizan para cuantificar e informar de forma transparente sobre el impacto medioambiental de sus textiles, incluyendo datos sobre la fragmentación de las fibras.
- Masters of FLAX FIBRE™: A partir de 2026, esta nueva norma auditada sustituirá a la carta «European Flax», garantizando prácticas agrícolas sostenibles para el lino, una importante industria de fibras naturales en Lituania.

Organismos de ensayo internacionales como SGS, que operan en Lituania, promueven esta iniciativa voluntaria para ayudar a las marcas a adoptar métodos de ensayo estandarizados para la fragmentación de las fibras durante el lavado. Lituania promueve activamente un enfoque de la responsabilidad ampliada del productor (EPR) que ha pasado de ser voluntario a obligatorio, especialmente en el sector textil, donde marcas como la filial lituana de H&M han recogido más de 260 toneladas de ropa usada para evitar su eliminación inadecuada y la consiguiente fuga de microplásticos.

13.20.4. Colaboraciones o proyectos exitosos

FanPLESStic-sea

“FanPLESStic-sea” es un proyecto centrado en prevenir y reducir la contaminación por microplásticos en el agua y en el mar Báltico. El proyecto ha permitido ampliar el conocimiento y la comprensión sobre las vías de dispersión y las fuentes de estos residuos mediante mediciones en diferentes flujos de la sociedad, así como sobre métodos rentables para reducir los microplásticos. « FanPLESStic-sea» contó con el apoyo del programa Interreg de la UE y contó con socios de Lituania, Suecia, Dinamarca, Noruega, Finlandia, Letonia, Polonia y Rusia. El principal socio lituano en el proyecto fue la Cámara de Comercio, Industria y Artesanía de Šiauliai. Lituania participó en esta iniciativa internacional para cartografiar las vías de entrada de los microplásticos en el mar Báltico, lo que condujo al desarrollo de nuevas herramientas para que las empresas de suministro de agua detuvieran los microplásticos antes de que llegaran a los ecosistemas marinos.

BALTIPLAST Project

Una colaboración entre la Agencia de Desarrollo Regional de Kaunas, la empresa UAB «Nivela» y el Centro Regional de Gestión de Residuos de Kaunas para realizar inventarios exhaustivos de plásticos y reducir el consumo de plásticos de un solo uso. Su premisa fundamental era sencilla: una prevención eficaz del uso del plástico requiere una acción coordinada que abarque la estrategia, el comportamiento organizativo cotidiano y los sistemas de gestión de residuos. BALTIPLAST co-desarrolló y probó marcos estratégicos centrados en la prevención, la reutilización y el reciclaje. Estos se complementaron con soluciones no normativas dirigidas al consumo de plástico en origen, entre las que destaca la Herramienta de Inventario de Plásticos, que permitió a organizaciones, escuelas, empresas y hogares hacer visible el uso del plástico y actuar basándose en datos cuantificables en lugar de en suposiciones.

<https://interreg-baltic.eu/project/baltiplast/>

13.21. Políticas nacionales y marco normativo

13.21.1. Legislación nacional relativa a los microplásticos

Legislación nacional relativa a los microplásticos

En Lituania, el marco jurídico relativo a los microplásticos se rige principalmente por la aplicación directa de los reglamentos de la UE, complementada por la legislación nacional en materia de medio ambiente y gestión de residuos.

1. Restricción de los microplásticos añadidos intencionadamente. Lituania aplica el Reglamento (UE) 2023/2055 de la Comisión, que restringe las micropartículas de polímeros sintéticos (SPM), ya sea por sí solas o añadidas intencionadamente a mezclas:

- Prohibiciones activas (a partir de 2026): Se prohíbe la venta de purpurina plástica a granel y de productos que contengan microperlas (utilizadas para la exfoliación o la limpieza).
- Obligaciones de notificación (mayo de 2026): antes del 31 de mayo de 2026, los fabricantes lituanos y los usuarios industriales posteriores de gránulos, escamas y polvos de plástico deberán presentar su primer informe anual a la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas

Químicas (ECHA) detallando los datos de 2025 sobre las emisiones estimadas de microplásticos.

- Etiquetado e información: A partir de octubre de 2025, los proveedores de microplásticos para uso industrial deberán incluir instrucciones precisas sobre su uso y eliminación en las etiquetas o en las fichas de datos de seguridad, con el fin de evitar fugas al medio ambiente.

2. Prevención de la pérdida de gránulos de plástico. Lituania está aplicando actualmente el Reglamento sobre la prevención de la pérdida de gránulos de plástico (UE 2025/2365), adoptado a finales de 2025.

- **Ámbito de aplicación:** Se aplica a cualquier operador económico lituano que maneje cinco toneladas o más de gránulos de plástico al año.
- **Cumplimiento:** Las grandes y medianas empresas deben obtener un certificado de conformidad, mientras que las empresas más pequeñas pueden presentar una autodeclaración de conformidad.
- **Materiales de formación:** Antes del 17 de diciembre de 2026, la Comisión Europea, con la colaboración de los Estados miembros, publicará materiales de sensibilización para apoyar la plena aplicación de este reglamento.

3. Legislación nacional sobre residuos y envases. Lituania aplica la legislación nacional para reducir los residuos plásticos «macro» que, con el tiempo, se degradan en microplásticos secundarios:

- **Ley sobre envases y gestión de residuos de envases:** Lituania ha prohibido la distribución gratuita de bolsas de plástico ligeras y ultraligeras en los puntos de venta.
- **Responsabilidad ampliada del productor (RAP):** Lituania destaca la RAP y su eficaz sistema de depósito y devolución de botellas de PET como mecanismos legales nacionales clave para reducir la contaminación por plásticos.

4. Próximos plazos legislativos. La industria lituana se está preparando para las próximas prohibiciones progresivas en el marco de la aplicación gradual de la legislación de la UE:

- **Octubre de 2027:** Prohibición de los cosméticos de aclarado (champús, geles de ducha) que contengan microplásticos.
- **Octubre de 2028:** Prohibición de detergentes, suavizantes, ceras y abrillantadores que contengan microplásticos.
- **2031-2035:** El etiquetado obligatorio «contiene microplásticos» para productos de maquillaje y labiales comienza en 2031, seguido de una prohibición total en 2035.

13.21.2. Alineación con la legislación de la UE

En Lituania, la legislación nacional se ajusta estrictamente a la normativa de la UE, dando prioridad a la reducción de las emisiones de microplásticos en origen. Este ajuste se caracteriza por la aplicación directa de los reglamentos de la UE y la transposición de las directivas a la legislación medioambiental nacional.

1. Aplicación directa de las restricciones del Reglamento REACH de la UE. Lituania aplica el Reglamento (UE) 2023/2055 de la Comisión, que se centra en los microplásticos añadidos intencionadamente:

- **Prohibiciones activas:** productos como la purpurina plástica suelta y los productos cosméticos que contienen microperlas abrasivas están prohibidos desde finales de 2023.

- Informes industriales (novedad para 2026): antes del 31 de mayo de 2026, los fabricantes y usuarios industriales lituanos de gránulos, copos y polvos de plástico deben presentar su primer informe anual a la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) detallando las emisiones estimadas de microplásticos del año natural 2025.
- Calendario de eliminación gradual: Las autoridades nacionales supervisan el cumplimiento del calendario progresivo de la UE, incluidas las próximas prohibiciones de los cosméticos que se aclaran con agua (octubre de 2027) y los detergentes (octubre de 2028)

2. Prevención de fugas de pellets o gránulos de plástico. Tras la entrada en vigor del Reglamento (UE) 2025/2365 en diciembre de 2025, Lituania ha incorporado nuevas medidas de supervisión para las materias primas industriales:

- Gestión obligatoria de riesgos: los operadores lituanos que manipulen 5 toneladas o más de gránulos de plástico al año están legalmente obligados a aplicar planes de gestión de riesgos para prevenir derrames.
- Requisitos de certificación: Las empresas lituanas de gran y mediano tamaño (que manejan más de 1.500 toneladas al año) deben obtener un certificado de conformidad expedido por un tercero independiente.
- Etiquetado y envasado: Los nuevos requisitos garantizan que los pellets o gránulos vayan acompañados de pictogramas y advertencias específicos; se espera que la UE facilite materiales de formación adicionales antes de diciembre de 2026 para apoyar la aplicación a nivel local.

3. Transposición de las directivas de la UE. Lituania adapta su legislación medioambiental nacional a las estrategias generales de la UE para mitigar los microplásticos secundarios:

- Calidad del agua potable: Lituania ha transpuesto la Directiva de la UE sobre el agua potable, que incluye requisitos para el control de los microplásticos en la cadena de suministro de agua a medida que se disponga de metodologías normalizadas.
- Ley de gestión de residuos: La Ley de Protección del Medio Ambiente y la Ley de Envases y Gestión de Residuos de Envases se ajustan a los objetivos de la UE de reducir los plásticos de un solo uso, utilizando un marco de responsabilidad ampliada del productor (EPR) y un eficaz sistema de devolución de depósitos para prevenir la degradación de los macroplásticos.
- Filtros para lavadoras: A partir de 2026, se aplicarán de forma más activa los requisitos para que las lavadoras nuevas incorporen filtros de microfibra.
- Seguridad marítima: En consonancia con la inclusión del transporte marítimo de la UE en el reglamento sobre microplásticos, Lituania supervisa las obligaciones específicas de los buques de alta mar para prevenir vertidos en el mar Báltico, reflejando las recomendaciones de la Organización Marítima Internacional (OMI).

13.21.3. Planes estratégicos, incentivos y programas

El panorama estratégico de Lituania en materia de microplásticos y microfibras se centra en la integración de la economía circular, la financiación específica de I+D y la preparación de la industria textil para las nuevas obligaciones a escala de la UE.

1. Planes estratégicos nacionales:

- Estrategia Nacional de Protección del Medio Ambiente 2030: Este documento de alto nivel identifica el uso sostenible de los recursos naturales y la gestión de residuos como prioridades a largo plazo. En 2026, servirá de marco para reducir los aportes de residuos marinos, incluidos los microplásticos, al ecosistema del mar Báltico.
- Plan Nacional de Energía y Clima (NECP) 2021-2030: Aunque se centra principalmente en la reducción de los gases de efecto invernadero, el plan actualizado (2024-2026) integra tecnologías «neutras para la naturaleza» e innovación climáticamente neutra, lo que incluye vías de financiación para proyectos avanzados de valorización energética de residuos que evitan la liberación de plásticos.
- Visión de Lituania 2050: Esta estrategia a largo plazo incluye compromisos para «restaurar, proteger y cultivar los ecosistemas naturales» mediante el consumo responsable y los incentivos a la energía verde.

2. Programas de I+D específicos y financiación:

- Iniciativa conjunta RTO Lituania (2025-2026): En 2025 se seleccionaron tres importantes proyectos medioambientales innovadores para su financiación. Uno de los proyectos clave consiste en crear un modelo para analizar cómo los microplásticos secundarios procedentes de fibras textiles migran a través de los sistemas vasculares de las plantas, dirigido por investigadores del LAMMC, el LEI y el FTMC.
- Programa sobre el cambio climático (2022-2025/2026): Financiado con los ingresos del Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (RCDE), este programa apoya las inversiones en biodegradación y desarrollo de energía verde, proporcionando la base financiera para proyectos de reducción de residuos plásticos a escala industrial.
- Sunrise Tech Park y Cleantech Lithuania: La inversión pública en el sector de las tecnologías limpias alcanzó los 107,4 millones de euros en 2025, centrándose específicamente en la gestión de residuos y la economía circular para impulsar la resiliencia industrial frente a la contaminación por microplásticos.

13.21.4. Actividades nacionales de normalización

Las actividades de Lituania en materia de normalización de microplásticos y microfibras se centran en el desarrollo de metodologías de ensayo unificadas y en la adaptación de las prácticas industriales nacionales a los nuevos mandatos de la UE.

Lituania participa activamente en el desarrollo de metodologías basadas en la investigación:

- Proyecto MicroPlastGuard (2024-2026): La Universidad Tecnológica de Kaunas (KTU), en colaboración con instituciones polacas y suecas, lidera los esfuerzos para salvar las lagunas científicas en los métodos de ensayo normalizados destinados a cuantificar la liberación de microfibras durante el lavado de textiles sintéticos.
- Iniciativas de armonización: En 2025 y 2026, los investigadores lituanos han pedido marcos de evaluación de riesgos armonizados a nivel internacional y metodologías analíticas normalizadas para garantizar una política coherente en toda la UE.
- Además, Lituania adopta normas internacionales a través del Consejo Lituano de Normalización (LST), entre las que se incluyen:

- ISO 24187:2023: Principios generales para el análisis de microplásticos en el medio ambiente.
- Serie ISO 4484: Normas específicas para microplásticos de origen textil, que incluyen:
 - Parte 1: Determinación de la pérdida de material de los tejidos durante el lavado.
 - Parte 3: Medición de la masa liberada por los productos durante el lavado doméstico.
- Talleres metodológicos: Organizaciones como el Centro de Ciencias Físicas y Tecnología (FTMC) organizan sesiones de formación (p. ej., EcoBalt 2025) sobre el uso de técnicas estandarizadas de μ -FTIR para la detección y caracterización de partículas de microplásticos.

13.22. Necesidades de formación y propuestas educativas

13.22.1. Necesidades de formación y propuestas educativas

La formación y la educación en Lituania en el ámbito de los microplásticos y las microfibras se centran en el desarrollo de «competencias ecológicas» en el ámbito académico, la industria y el sector público, con el objetivo de salvar la brecha entre el conocimiento científico y la reducción práctica de las emisiones. Existe un impulso fundamental para desarrollar recomendaciones nacionales sobre la formación en «competencias verdes» con el fin de garantizar que el mercado laboral lituano pueda realizar la transición hacia una economía climáticamente neutra, centrándose específicamente en las competencias relacionadas con la gestión circular del plástico. Se está impartiendo formación específica a las partes interesadas de los municipios costeros, el sector hostelero (campings, hoteles) y las empresas de gestión de residuos para cartografiar y reducir las vías de entrada de plástico en el mar Báltico.

Las investigaciones realizadas a principios de 2025 indicaron que, aunque la concienciación está aumentando, solo alrededor de la mitad de la población clasifica activamente los residuos plásticos o viste prendas de fibras naturales para evitar la liberación de microfibras, lo que pone de relieve la necesidad de una educación más eficaz para el cambio de comportamiento. Lituania está abordando varias carencias educativas identificadas en materia de microplásticos y microfibras mediante reformas específicas de la educación superior (IES) y formación profesional especializada:

- Desconexión entre teoría y práctica: Existe una brecha notable entre el reconocimiento por parte de los estudiantes de la importancia de la economía circular y su aplicación práctica en los planes de estudios.
- Deficiencia de conocimientos sistémicos: Las investigaciones nacionales ponen de relieve una falta de conocimientos sistemáticos sobre los beneficios ambientales y económicos netos de una economía circular para las empresas lituanas, concretamente en los sectores textil y de la confección.
- Planes de estudios fragmentados: Los conceptos de circularidad y sostenibilidad suelen estar ausentes en la educación primaria de los niveles inferiores, lo que supone una carga para las

instituciones de educación superior a la hora de proporcionar conocimientos básicos sobre medio ambiente en una fase tardía.

- Incoherencias en el seguimiento: Existe una necesidad urgente de un seguimiento y un análisis estandarizados de los indicadores de la economía circular a nivel nacional para orientar los programas de formación.

13.22.2. Recomendaciones para la integración curricular y la formación profesional

Se anima a las instituciones de educación superior (IES) y a los centros de formación profesional de Lituania a que adapten sus planes de estudios a la Estrategia de la UE para los textiles sostenibles y circulares y al Reglamento sobre el diseño ecológico de productos sostenibles (ESPR).

Las siguientes recomendaciones se centran en salvar la brecha entre la ingeniería textil, las ciencias ambientales y el cumplimiento normativo digital:

- Diseño orientado a la durabilidad y a la reducción de la liberación de fibras: Los programas de ingeniería y diseño (como los de la KTU) deberían introducir módulos obligatorios sobre «Mecánica de la fragmentación de las fibras». Esto incluye enseñar a los estudiantes cómo la torsión del hilo, la densidad del tejido y el cepillado mecánico durante el acabado afectan a la liberación de microfibras.
- Seguridad química y de los nanomateriales: Integrar cursos especializados sobre acabados textiles sostenibles. Estos deberían abarcar el desarrollo y la aplicación de recubrimientos biodegradables y resinas innovadoras de origen biológico diseñadas para «fijar» las fibras sin comprometer la transpirabilidad.
- Formación en el Pasaporte Digital del Producto (DPP): Dado que la UE exige los DPP para 2026/2027, los estudiantes de moda y gestión deben recibir formación en tecnologías de trazabilidad (por ejemplo, RFID, blockchain) para rastrear la composición de los materiales y el contenido reciclado, aspectos fundamentales para la información sobre microfibras.
- Laboratorios de química analítica: Establecer módulos prácticos de laboratorio centrados en la espectroscopia FTIR y Raman para identificar microfibras en las aguas residuales, garantizando que los estudiantes puedan realizar las pruebas estandarizadas que ahora exigen las marcas internacionales.
- Mantenimiento avanzado y lavandería: La formación profesional para los responsables de instalaciones de lavandería y los técnicos industriales debe incluir la instalación y el mantenimiento de sistemas de filtración de microfibras de grado industrial, que se están convirtiendo cada vez más en un estándar del sector en 2026.
- Navegación por la normativa de la UE: Incorporar formación sobre el panorama legal, enseñando específicamente a los estudiantes cómo interpretar y cumplir la Directiva sobre declaraciones ecológicas para garantizar que el marketing «libre de microplásticos» esté respaldado por datos científicos verificados.
- Comunicación con las partes interesadas: Formar a los futuros directivos en «informes de transparencia», permitiéndoles comunicar datos medioambientales complejos (como las emisiones de microfibras) a inversores y consumidores de manera eficaz.

13.23. Conclusiones

El sector textil de Lituania es un actor industrial importante que desempeña un papel significativo en materia de empleo, exportaciones y PIB. Las empresas textiles lituanas operan en todas las áreas de producción: fabricación de hilo, prendas de punto, tejidos y materiales no tejidos, productos técnicos y de alto valor añadido, confección, etc.

Un análisis de la situación actual en Lituania ha puesto de manifiesto que la contaminación por microplásticos y microfibras textiles es un problema medioambiental nuevo, pero bien conocido, de gran importancia para el sector textil y la gestión del medio acuático. Las investigaciones científicas confirman que la mayoría de las microfibras sintéticas se liberan durante el lavado y se depositan en los lodos de depuradora, para luego pasar al suelo y a los ecosistemas acuáticos. Se ha determinado que la fase de uso de los productos textiles, y especialmente el lavado doméstico, es una de las fuentes más importantes de liberación de microfibras. Sin embargo, también debe prestarse especial atención a la gestión de los residuos textiles.

Lituania cuenta con una base científica y técnica bien desarrollada, compuesta por universidades, centros tecnológicos e instituciones públicas de investigación en el ámbito de la sostenibilidad textil y la investigación sobre microplásticos y microfibras, respaldada por iniciativas nacionales y europeas de investigación, desarrollo e innovación. Estas iniciativas han permitido avanzar en la identificación de fuentes de emisión, la caracterización de las microfibras y el desarrollo de soluciones tecnológicas tanto para la prevención de la liberación de microplásticos y microfibras como para su recogida y eliminación en los sistemas de tratamiento de aguas.

La industria textil lituana contribuye directamente a la generación de microfibras liberadas en diversas fases de la producción, especialmente en las etapas de acabado en húmedo, corte, etc. La incorporación de criterios de diseño ecológico y sostenibilidad, junto con la optimización de los procesos de producción y acabado, reduce la liberación de fibras y la cantidad de microfibras en las aguas residuales industriales. Asimismo, el uso de soluciones tecnológicas de recogida de microfibras, tanto en el ámbito industrial como en cooperación con otros sectores, y la participación en iniciativas colaborativas y proyectos piloto contribuyen a la reducción del impacto ambiental asociado. Estas acciones pueden integrarse en las estrategias de sostenibilidad de las empresas y en los sistemas de responsabilidad ampliada del productor.

Las administraciones públicas también contribuyen a la prevención y la gestión de la contaminación por microplásticos y microfibras textiles a través del marco normativo y los mecanismos de apoyo existentes. El desarrollo de normativas adecuadas al contexto europeo, la promoción de metodologías armonizadas de medición y seguimiento, y la creación de programas que apoyen la implantación de soluciones tecnológicas facilitan una aplicación más uniforme de las medidas destinadas a reducir la contaminación por microplásticos. Además, la integración de esta cuestión en las políticas sobre economía circular, gestión de residuos y protección del medio marino, junto con las acciones de información y sensibilización dirigidas a los ciudadanos y las partes interesadas, contribuye a una respuesta coordinada a nivel nacional.

Las instituciones de educación superior lituanas desempeñan un papel fundamental en la formación de especialistas capaces de abordar el problema de los microplásticos mediante un enfoque multidisciplinar. Con este fin, se da prioridad a la integración de contenidos específicos sobre microplásticos y microfibras textiles en los programas de estudios pertinentes, reforzando la formación en diseño ecológico destinada a reducir la cantidad de microfibras emitidas. Las instituciones de educación superior también desarrollan programas de formación especializada y continua, y llevan a cabo investigación aplicada en colaboración con empresas líderes. Asimismo, es fundamental promover la transferencia de conocimientos y la difusión de los resultados científicos a la industria y a las instituciones de la administración pública.

13.24. Referencias

CPVA. <https://cpva.lt>

EEA. Microplastics from textiles: towards a circular economy for textiles in Europe. (Retrieved 4 January 2025, from <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/microplastics-from-textiles-towards-a-circular-economy-for-textiles-in-europe>).

EVRK. https://osp.stat.gov.lt/static/EVRK2/EVRK2red_lt_RIGHT.htm#13.

Every sample is contaminated: new research shows the extent of microplastic pollution in Lithuania (in Lithuanian), 2024. (Retrieved 4 January 2026 from: <https://cpva.lt/naujienos/kiemvianas-meginy-suzterstas-nauji-tyrimai-rodo-mikroplastiko-tarsos-masta-lietuvoje#:~:text=%C5%A0iandien%20viso%20pasaulio%20j%C5%ABros%20ir%20vandenynai%20susiduria,keli%C4%85%20efektyvesniam%20j%C5%ABr%C5%B3%20%C5%A1iuk%C5%A1i%C5%B3%20steb%C4%97jimui%20ir%20valdymui>).

Gago, J.; Carretero, O., Filgueiras, A.V., Viñas, L. (2018). Synthetic microfibers in the marine environment: A review on their occurrence in seawater and sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 365–376.

Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L. (2017). Production, use and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 3: e1700782.

IBISWorld. (Retrieved 2 January 2026, from <https://www.ibisworld.com/lithuania/industry/clothing-manufacturing/200145/#IndustryStatisticsAndTrends>).

LMT. <https://lmt.lrv.lt/lt/>

Marine Valley. <https://jti.ku.lt/en/>

MicroPlastGuard. <https://en.ktu.edu/projects/mitigating-microplastics-pollution-through-advanced-baltic-cooperation-microplastguard/>

Rathinamoorthy, R., Balasaraswathi, S. R. (2020). A review of the current status of micro-fiber pollution research in textiles. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 33, 364–387.

Statistika. (Retrieved 30 December 2025 from: <https://osp.stat.gov.lt/>).

Tanaka, S. (2022). Environmental Pollution and Remediation. *In Book: Design of Materials and Technologies for Environmental Remediation*. Springer. DOI: 10.1007/698-2021-819.

UWWTD. Urban Waste Water Treatment Directive. (Retrieved 4 January 2026 from: <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/6244937d-1c2c-47f5-bdf1-33ca01ff1715>).



Anexo III: Informe Nacional – Polonia

13.25. Introducción

13.25.1. Objetivo del informe nacional

Los microplásticos suponen una amenaza creciente para el medio ambiente y la salud humana. Los microplásticos están presentes prácticamente en todas partes: en el aire, el agua, el suelo e incluso en los cuerpos de personas y animales. Los científicos han detectado estas partículas en todos los entornos acuáticos estudiados, y su impacto en los ecosistemas y la salud humana es motivo de creciente preocupación. Una de las fuentes más graves de microplásticos son los productos de la industria textil: los textiles y la ropa, en diversas etapas de su ciclo de vida. Teniendo esto en cuenta, es necesario reconocer la magnitud, el estado y la situación actual de la industria textil para poder tomar medidas destinadas a reducir la contaminación ambiental que se origina directa o indirectamente en esta industria.

El objetivo del informe es presentar la situación actual de la industria textil en Polonia en el contexto del impacto de la industria textil nacional en la formación de microplásticos y la contaminación por microplásticos de las aguas nacionales, así como identificar las medidas de mitigación adoptadas para reducir la contaminación de las aguas por microplásticos.

13.25.2. Antecedentes: breve historia del sector y relevancia económica

Durante la última década, la industria textil polaca ha experimentado una transformación, pasando de una producción en masa basada en bajos costes laborales a soluciones especializadas y de nicho con un alto valor añadido. Los cambios en la estructura y el tamaño de la industria textil y de la confección polaca se debieron tanto a factores políticos (la transformación sistémica a finales de los años 80 y principios de los 90) como a cambios económicos a escala mundial: la globalización de los mercados. A pesar de enfrentarse a importantes presiones de costes y a la competencia de Asia, la industria polaca mantiene una posición estable como uno de los principales productores de la Unión Europea.

Los factores clave de la posición actual de la industria textil polaca son los siguientes:

- la destacada posición de la industria textil polaca en la Unión Europea: Polonia ocupa el tercer lugar en la UE en cuanto al número de empresas textiles (por detrás de Italia y Francia) y al empleo (por detrás de Italia y Alemania).
- la expansión de las exportaciones: la industria textil polaca está fuertemente orientada a la exportación, que genera más del 60 % de los ingresos por ventas. Los principales destinos de exportación son Alemania, Francia y Ucrania.
- Estructura de la industria textil polaca: el sector está muy fragmentado; aproximadamente el 97 % de las empresas del sector de la confección son microempresas [Polska branża odzieżowa na tle światowych rynków, 2025].
- Valor de la producción: el valor de la producción textil vendida en 2025 se estima en aproximadamente 4.800 millones de euros.

Se estima que la industria textil y de la confección es uno de los sectores polacos con mayor potencial de crecimiento. Los subsectores con mayor potencial de mejora de la productividad, debido a su gran envergadura y al valor añadido que generan, son: el sector de la automoción (8.000 millones de euros), el del mueble (6.800 millones de euros) y el textil y de la confección (5.700 millones de euros).

El sector textil y de la confección se encuentran entre los sectores nacionales con mayores oportunidades para reducir la brecha de productividad con la UE-15.

13.26. Panorama general de la industria textil nacional

13.26.1. Estructura de la industria textil polaca

En la actualidad, una característica distintiva de la industria textil en sentido amplio es el número relativamente reducido de entidades operativas en Polonia. Según estimaciones de Dun & Bradstreet, a finales de febrero de 2024 había algo más de 9.500 empresas operando en el sector [Od potęgi do niszy dla wytrwałych. Co czeka branżę włókienniczą? 2024].

Además, el número de empresas textiles ha ido disminuyendo en los últimos tres años. Solo en 2023, en comparación con 2022, se redujo en casi un 1,6 %. El número de empresas que suspenden sus operaciones también está aumentando. Solo en 2023, hubo cerca de 500 de ellas. Sin embargo, esto no significa que la industria textil haya desaparecido por completo del panorama económico polaco. Todavía hay regiones en las que la industria textil está prosperando [Producenci tekstyliów, 2025]. La estructura de la industria textil polaca según la Clasificación Polaca de Actividades (PKD) se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: La estructura de la industria textil polaca según la Clasificación Polaca de Actividades (PKD) [Producenci tekstyliów, 2025]

Categoría	Número
13.10.A Fabricación de hilados de algodón	19
13.10.B Fabricación de hilados de lana	9
31.10.C Fabricación de hilados de fibras sintéticas o artificiales	10
13.10.D Fabricación de hilados de otras fibras textiles, incluida la fabricación de hilos de coser	20
13.10.Z Preparación e hilado de fibras textiles	3
13.20.A Fabricación de tejidos de algodón	32
13.20.B Fabricación de tejidos de lana	4
13.20.C Fabricación de tejidos sintéticos	15
13.20.D Fabricación de otros tejidos	18
13.20.Z Fabricación de tejidos	7
13.30 Acabado de textiles	12
13.30.Z Acabado de textiles	141
13.91.Z Fabricación de tejidos de punto	50
13.92.Z Fabricación de artículos textiles confeccionados	651
13.93.Z Fabricación de alfombras y moquetas	26
13.94.Z Fabricación de cordeles, cuerdas, cordones y redes	30

13.95.Z Fabricación de telas no tejidas y artículos de telas no tejidas, excepto prendas de vestir	56
13.96.Z Fabricación de otros textiles técnicos e industriales	73
13.99.Z Fabricación de otros textiles no clasificados en otros apartados	149
Número total	1325

En la tabla 3 se presenta la estructura del sector textil polaco por productos, según la Clasificación Polaca de Actividades (PKD).

Tabla 3: La estructura del sector textil polaco según la Clasificación Polaca de Actividades (PKD) [4. Producción de ropa, 2025]

Categoría	Número
14.10.Z Fabricación de prendas de punto	40
14.11.Z Fabricación de prendas de cuero	39
14.12.Z Fabricación de ropa de trabajo	188
14.13.Z Fabricación de otras prendas de abrigo	690
14.14.Z Fabricación de ropa interior	98
14.19.Z Fabricación de otras prendas de vestir y accesorios	344
14.20.Z Fabricación de artículos de piel	6
14.21.Z Fabricación de prendas de abrigo	53
14.22.Z Fabricación de ropa interior	7
14.23.Z Fabricación de ropa de trabajo	14
14.29.Z Fabricación de prendas de cuero y artículos de piel	1
14.29.Z Fabricación de otras prendas de vestir y complementos de vestir no clasificados en otra parte	25
14.31.Z Fabricación de calcetería de punto	41
14.39.Z Fabricación de otras prendas de vestir de punto	72
Número total	1618

Producción y ventas de productos textiles

Producción

La industria textil polaca procesa todo tipo de materias primas textiles y fabrica diversos productos textiles lineales y planos. Sin embargo, en lo que respecta a los microplásticos textiles, lo relevante es la producción y venta de fibras sintéticas, hilos y tejidos.

Las siguientes figuras (Fig. 2 y 3) muestran el volumen de producción de determinados productos textiles sintéticos entre 2020 y 2024.

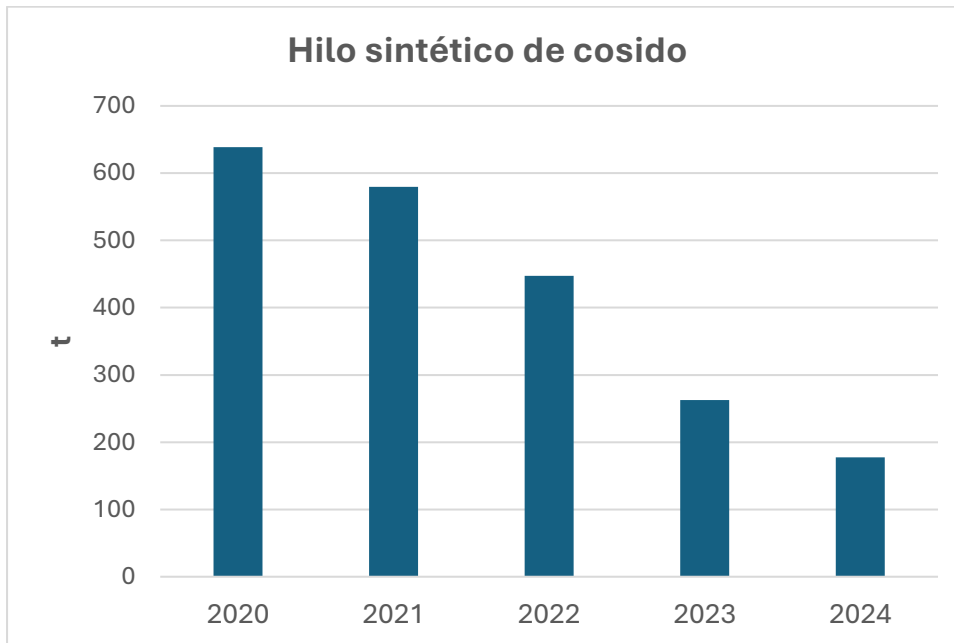


Figura 2: Producción de hilos sintéticos en Polonia en el periodo 2020-2024.

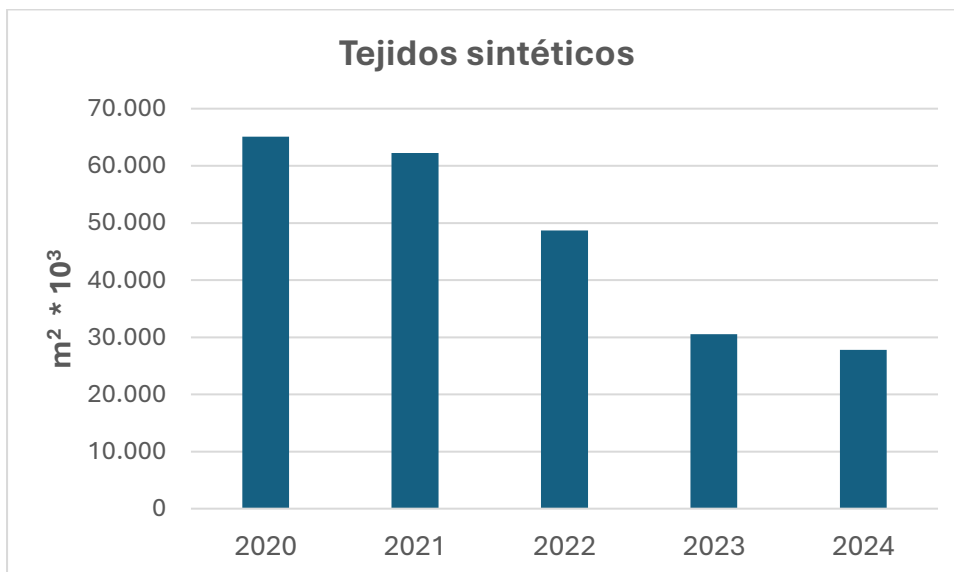


Figura 3: Producción de tejidos sintéticos en Polonia en el periodo 2020-2024.

A la luz de los datos presentados, cabe afirmar que la producción de hilos y tejidos sintéticos en Polonia ha ido disminuyendo de forma sistemática desde 2020. En el caso de los hilos, la producción de hilos sintéticos se ha reducido a una tercera parte desde 2020 y ha alcanzado el nivel de la producción de hilo de algodón (fig. 4). Esto debe considerarse una tendencia positiva desde el punto de vista de la reducción de los microplásticos procedentes de la producción de hilos en Polonia.

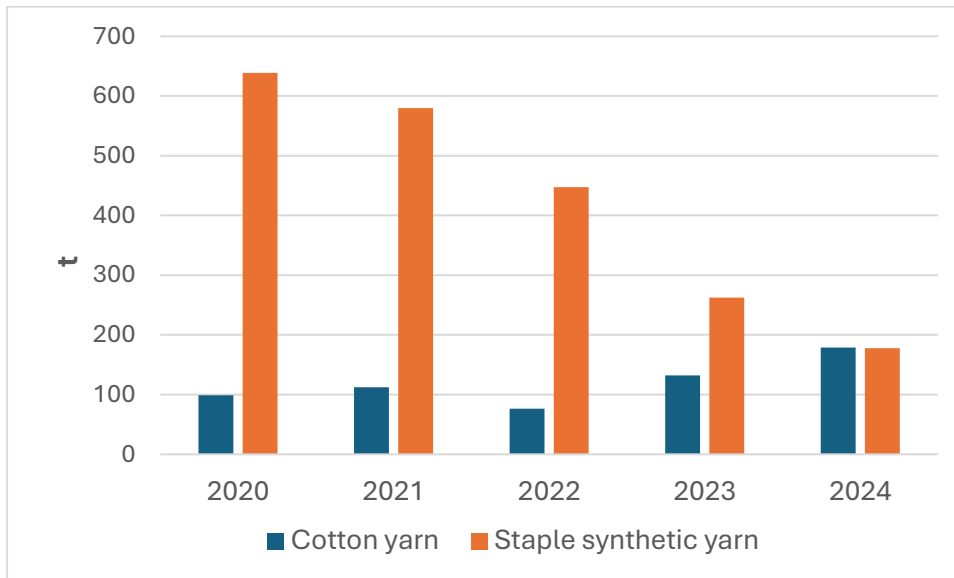


Figura 4: Comparación de la producción de hilos sintéticos y de algodón en Polonia entre 2020 y 2024.

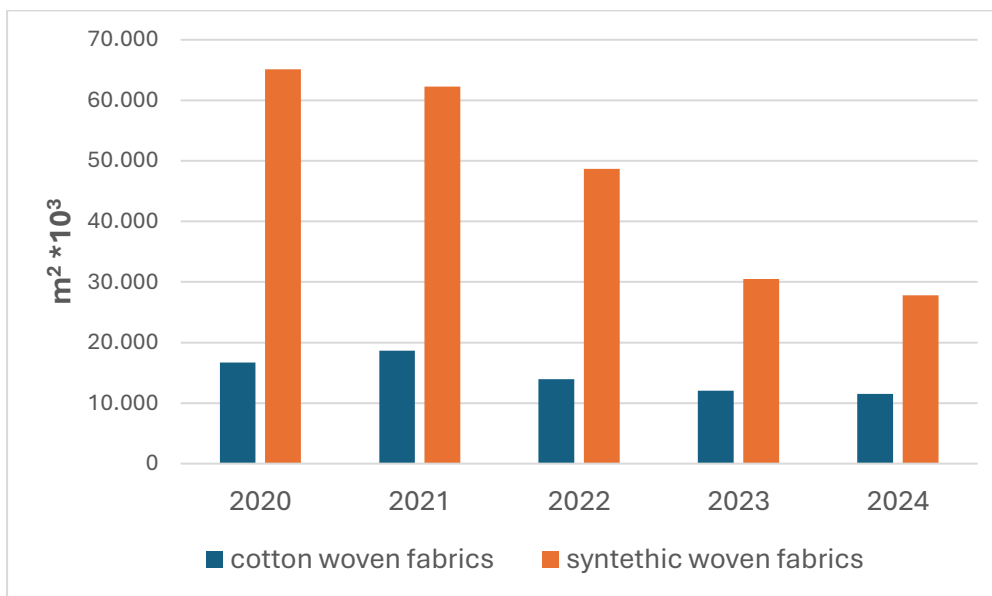


Figura 5: Comparación de la producción de tejidos sintéticos y de algodón en Polonia entre 2020 y 2024.

La producción de tejidos sintéticos también está disminuyendo. Sin embargo, la producción en 2024 es el doble que la de tejidos de algodón (fig. 5). Al comparar las figuras 5 y 6, se puede concluir que la producción de tejidos sintéticos en Polonia en 2024 se basa, en su mitad, en la importación de hilos sintéticos.

La fig. 6 presenta el valor de las importaciones polacas de fibras y tejidos de punto en 2022-2024 [Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2022, Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2023, Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2024].

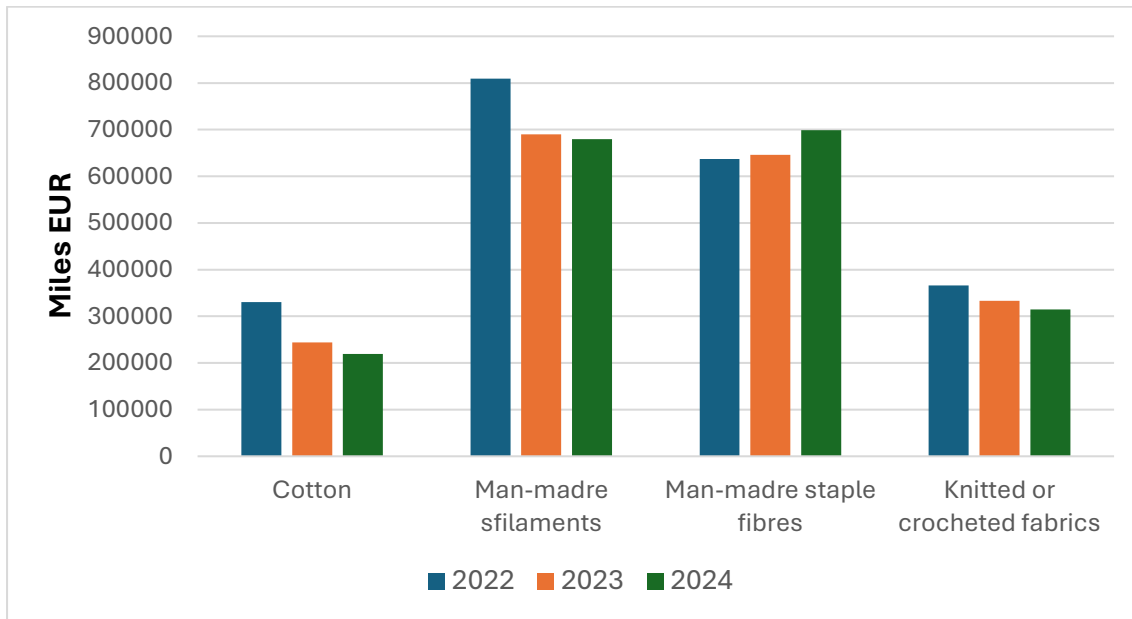


Figura 6: El valor de las importaciones polacas de fibras y tejidos de punto en el periodo 2022-2024 [Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2022, Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2023, Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2024].

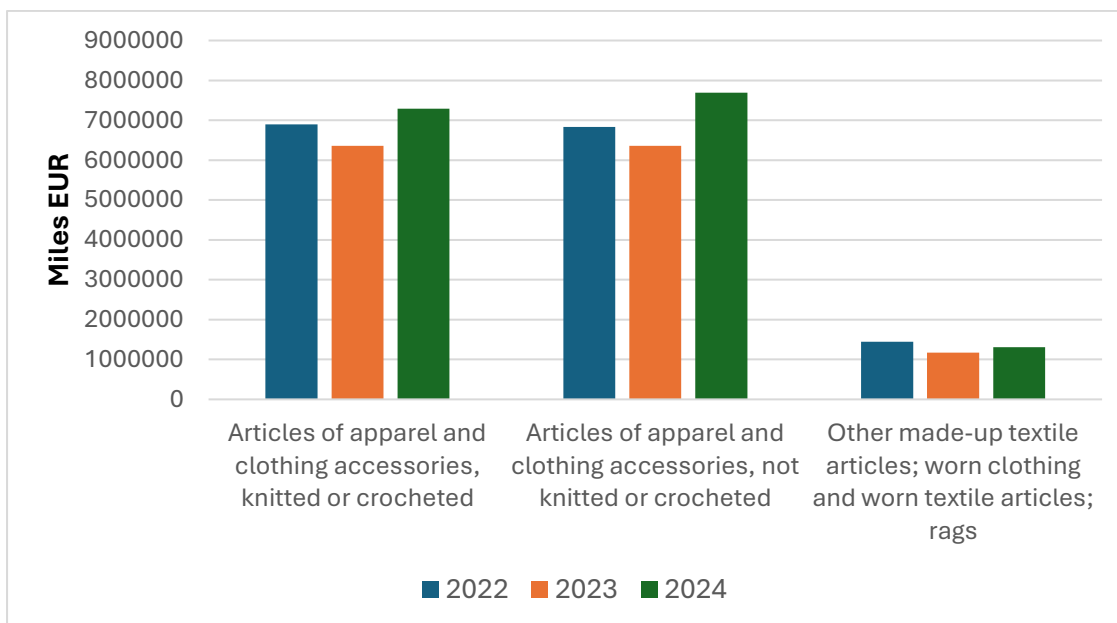


Figure 7: El valor de las importaciones polacas de prendas de vestir y otros artículos textiles confeccionados en el periodo 2022-2024 [Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2022, Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2023, Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2024].

Se observa claramente que el valor de las importaciones de fibras sintéticas es casi tres veces superior al de las importaciones de algodón. Es más, las importaciones de fibras de fibra corta sintética están aumentando desde 2022. Esta no es una tendencia favorable desde el punto de vista de la reducción de la cantidad de microplásticos procedentes de la industria textil polaca.

A su vez, el valor de las importaciones de prendas de vestir (Fig. 7) supera significativamente —diez veces— el valor de las importaciones de fibras, hilos y tejidos de punto, que se muestran en la Fig. 6.

Es más, el valor de las importaciones de productos de confección aumentó significativamente en 2024 en comparación con 2023. Esto puede deberse al aumento de los precios. Sin embargo, no hay datos disponibles que lo confirmen.

Según las estimaciones de la Cámara Polaca de la Confección y los Textiles (PIOT), el mercado polaco de la confección tuvo un valor de 66.900 millones de PLN en 2024, de los cuales 10.000 millones de PLN procedían de la producción nacional. Sin embargo, los datos incluidos en el informe de PMR Market Experts ascienden a 60.000 millones de PLN, de los cuales las ventas de ropa por sí solas (excluyendo la ropa interior, el calzado y los accesorios) representan aproximadamente el 70 % de esta cantidad.

Según el informe «Digital Fashion Gap 2025» y Puls Biznesu, el mercado de la confección en Polonia está impulsado principalmente por la ropa de mujer, que representa aproximadamente el 53 % de los ingresos del sector, mientras que la ropa de hombre y la de niño representan el 32 % y el 15 %, respectivamente. En 2023, el segmento de la ropa femenina tuvo un valor de 36.000 millones de PLN, lo que supuso más de la mitad del mercado [Rosalio. Blog 2025].

El valor de las importaciones de la última categoría: «Otros artículos textiles confeccionados; ropa usada y artículos textiles usados (trapos)» resulta preocupante. El valor en 2024 es superior al de 2023, pero inferior al de 2022. Sin embargo, esto también puede interpretarse como una tendencia positiva con repercusiones transfronterizas. El aumento del valor de las importaciones de ropa usada significa que la ropa tendrá una vida útil más larga.

El valor de las ventas de productos textiles y de confección en Polonia en 2020-2024 se presenta en el siguiente gráfico (Fig. 8).

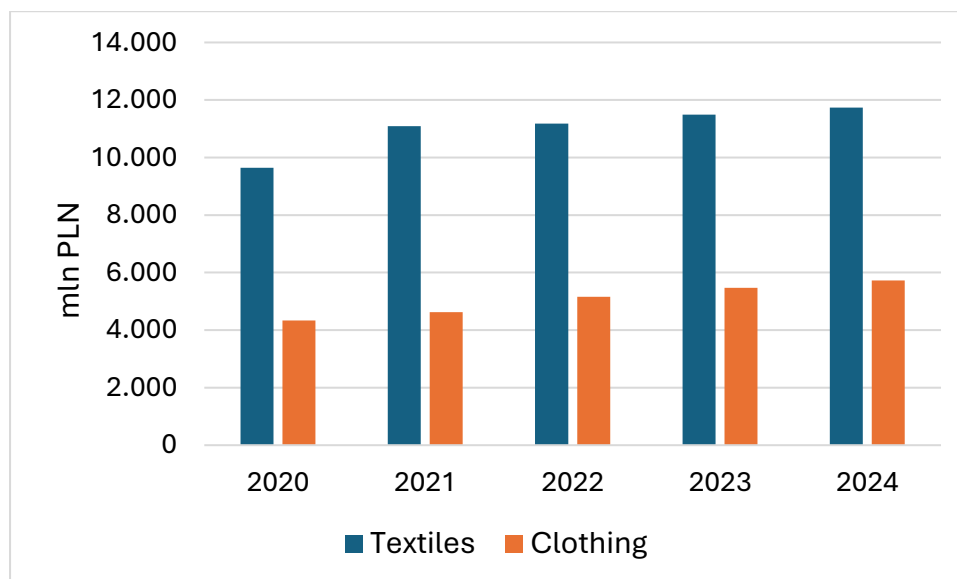


Figura 8: El valor de las ventas de productos textiles y de confección en Polonia entre 2020 y 2024 [Walkowska–Macias; 2025]

13.27. Importancia de los microplásticos y las microfibras en el contexto nacional

13.27.1. Fuentes nacionales de microplásticos

Las investigaciones han demostrado que las principales fuentes de microplásticos son los tejidos sintéticos y los neumáticos, responsables de casi dos tercios de este tipo de contaminación en los océanos [10]. Polonia es un importante productor e importador de ambas categorías: tejidos sintéticos (fig. 3) y neumáticos. Por este motivo, el problema de los microplásticos en el agua es actual y significativo en Polonia.

El valor del mercado polaco de la confección alcanzó los 66.900 millones de PLN, de los cuales 10 000 millones proceden de la producción nacional, mientras que el resto corresponde a las importaciones. En general, el gasto de los hogares polacos en ropa y calzado alcanzó los 5 300 millones de euros en 2023, lo que situó a Polonia en el sexto lugar de Europa [Eurostat. Estadísticas]. Se prevé que el mercado de la ropa y el calzado crezca aproximadamente un 4 % al año.

Teniendo en cuenta las fuentes nacionales de microplásticos, estas son:

- la producción textil,
- el uso de textiles,

con un predominio del uso de textiles, la mayoría de los cuales son importados.

La producción textil en Polonia incluye todas las tecnologías mecánicas, es decir, la hilatura, el tejido, el punto y la producción de no tejidos, pero también los procesos químicos textiles, como el acabado y la funcionalización de los tejidos.

El uso de textiles en Polonia es muy elevado. La tendencia de la «moda rápida» sigue dominando el mercado de la ropa.

13.28. Fuentes nacionales de liberación de microfibras

13.28.1. Fase de producción

Todos los tipos de producción textil constituyen fuentes de microplásticos en Polonia. La industria textil polaca incluye la fabricación de hilos y tejidos sintéticos en las cantidades indicadas anteriormente. Aparte de los hilos fabricados con fibras naturales —algodón y lino—, una gran parte de la producción de hilos corresponde a los hilos sintéticos. Este segmento incluye la texturización, el trenzado, el retorcido y el injerto de filamentos sintéticos. En cada uno de los segmentos de producción mencionados se producen impactos mecánicos. Estos pueden dañar la superficie de las fibras y provocar la formación de microplásticos.

13.28.2. Fase de uso

Al igual que en todos los países, el uso de prendas de vestir y productos textiles es una fuente de microplásticos. Está relacionado con el mantenimiento de los productos textiles, especialmente con el

lavado. En Polonia, lo más habitual es el lavado doméstico. Las lavanderías industriales son mucho menos comunes.

13.28.3. Gestión al final de su vida útil

A partir del 1 de enero de 2025, los residuos textiles no podrán eliminarse como residuos mixtos. Se aplicará la recogida selectiva de textiles y prendas de vestir usados. Las prendas de vestir usadas que no presenten daños y que puedan ser utilizadas por otros usuarios deberán depositarse en los contenedores correspondientes. Las prendas de vestir y los textiles que ya no sean aptos para su uso deberán llevarse a los puntos de recogida selectiva de residuos. Esto se ajusta a la normativa gubernamental.

13.29. Estudios científicos y técnicos nacionales

13.29.1. Instituciones de investigación activas

Los institutos de la Academia Polaca de Ciencias (por ejemplo, ERCE PAN de Łódź, IOP PAN de Cracovia), los institutos departamentales (por ejemplo, IRS de Olsztyn, IMWM del PIB) y las facultades de las universidades, las universidades politécnicas, la Universidad de Ciencias de la Vida de Varsovia (SGGW), la Universidad AGH de Cracovia, así como asociaciones (por ejemplo, WWF Polonia, OTOP, Club de Naturalistas) participan activamente en el análisis y la prevención de los microplásticos.

13.29.2. Proyectos de investigación universitarios

- **El impacto de los procesos fisicoquímicos de tratamiento del agua y de las aguas residuales en el destino de los microplásticos**

Financiado por el Centro Nacional de Ciencia (NCN); número de proyecto de investigación: 2021/05/X/ST8/00567. Periodo de ejecución: 3 de noviembre de 2021 - 2 de noviembre de 2022. Directora del proyecto: Dra. Sabina Ziembowicz, Ing.

El objetivo de esta investigación es determinar el impacto de los procesos fisicoquímicos de tratamiento del agua y de las aguas residuales sobre los microplásticos presentes en el agua y en las aguas residuales. Se determinaron las interacciones entre procesos individuales seleccionados y la cantidad, el tamaño, la masa, la forma y la estructura superficial de las partículas de microplástico. El proyecto examinó cuatro microplásticos (PE, PP, PVC, PS), que son los que se detectan con mayor frecuencia en el medio acuático y en las aguas residuales. El análisis abarcó el proceso de coagulación, la desinfección mediante ozono y radiación UV, y el proceso de Fenton, que es un método prometedor y eficaz para eliminar contaminantes orgánicos difíciles de descomponer, por lo que cada vez se considera más como una de las etapas del tratamiento de aguas residuales.

Análisis de la presencia de microplásticos en el agua y de la adsorción de diversos contaminantes en sus superficies

Unidad ejecutora: Facultad de Instalaciones de Edificios, Hidrotécnica e Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica de Varsovia; directora del proyecto: Aleksandra Bogdanowicz, ingeniera; fuentes de financiación: YOUNG PW, IDUB («Iniciativa de Excelencia – Universidad de Investigación»).

El proyecto tiene como objetivo: (1) identificar microplásticos en las tomas de agua y en puntos seleccionados del sistema de abastecimiento de agua, y (2) evaluar el potencial de los microplásticos para adsorber contaminantes seleccionados (como metales pesados y colorantes orgánicos) tanto en condiciones de laboratorio como de campo.

- **Actividad de biodegradación de los hongos e interacciones entre hongos y plantas en presencia de microplásticos**

Unidad ejecutora: Universidad de Łódź, Director del proyecto: Dr. hab. Przemysław Bernat; Financiado por el Centro Nacional de Ciencia (NCN).

Científicos del Departamento de Microbiología Industrial y Biotecnología de la Facultad de Biología, Protección del Medio Ambiente y Gestión Ambiental están estudiando dos tipos de hongos microscópicos presentes en el suelo. Los hongos del género *Trichoderma* favorecen el crecimiento de las plantas, mientras que los del género *Fusarium* causan enfermedades en las plantas. Los investigadores se centran en estudiar el impacto de estos hongos en el trigo y cómo los microplásticos presentes en el suelo podrían alterar dicho impacto.

13.29.3. Investigación industria

- **Un sistema para la recopilación y el procesamiento de datos en tiempo real sobre la presencia de microplásticos y sustancias derivadas del petróleo en el agua.**

Proyecto llevado a cabo por el consorcio junto con el socio industrial. El proyecto está financiado por el Programa Estratégico del Gobierno «Hydrostrateg», en el marco de la tercera convocatoria del programa: «Innovaciones para la gestión del agua y la navegación interior».

Fecha de la firma del acuerdo de financiación: 14 de agosto de 2025.

El objetivo del proyecto es desarrollar y comercializar el primer sistema integral (conjunto de dispositivos) para la monitorización continua y automática de la presencia de microplásticos (MP) en el agua, sin necesidad de intervención manual por parte de un empleado ni de enviar muestras a un laboratorio especializado [Mateja-Furmaniak; 2025].

13.29.4. Participación en proyectos de EU

- **Lakes Connect (Interreg Región del Mar Báltico)**

El proyecto se centra en la protección de los lagos frente a las micropartículas de plástico, con actividades educativas en Varsovia. Socio principal polaco: CNBCh UW (Centro de Expertos Analíticos, Facultad de Química, Universidad de Varsovia).

- **Evaluación multinivel de los microplásticos y contaminantes asociados en el mar Báltico (MICROPOLL)**

Coordinador: IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB - IVL Svenska Miljöinstitutet Estocolmo. Duración del proyecto: julio de 2017 - septiembre de 2020. El proyecto tenía como objetivo evaluar el estado actual de la entrada y distribución de microplásticos en el mar Báltico, los riesgos derivados de los microplásticos y la propuesta de estrategias de seguimiento rentables y fáciles de usar en relación con

los microplásticos y los contaminantes asociados. Socio polaco: Instituto Nacional de Investigación Pesquera Marina, Gdynia.

- **Mitigación de la contaminación por microplásticos a través de la cooperación avanzada en el Báltico – MicroPlastGuard**

Periodo de ejecución: 01.10.2024 - 30.09.2026

Socio polaco: Universidad Tecnológica de Łódź,

Universidad Tecnológica de Kaunas, Financiado en el marco del Programa: Programa de Vecindad del Mar Báltico de SI - Proyectos de cooperación, Organismo financiador: Instituto Sueco

El proyecto tiene como objetivo abordar el urgente problema de la contaminación por microplásticos en la región del mar Báltico, centrándose especialmente en la amenaza que suponen los microplásticos procedentes de los textiles sintéticos. El proyecto pretende colaborar con las partes interesadas del sector de la producción textil para establecer métodos de ensayo estandarizados que permitan cuantificar la liberación de fibras microplásticas durante el lavado, así como para subsanar el déficit de conocimientos que existe entre las marcas de moda y las fábricas en lo que respecta a la liberación de microplásticos en estado seco durante la producción, el procesamiento y el reciclaje de los textiles sintéticos. Además, el proyecto hace hincapié en el papel esencial de la concienciación científica y social, la creación de redes de expertos internacionales y el diálogo entre empresas y responsables políticos a la hora de abordar estas cuestiones. Por otra parte, el proyecto tiene como objetivo desarrollar recubrimientos y acabados innovadores que mitiguen las emisiones de microplásticos procedentes de los tejidos sintéticos. Entre los socios se encuentran la Universidad Tecnológica de Kaunas y la Universidad Tecnológica de Lodz.

Publicaciones

- Połec M., Aleksander-Kwaterczak , Wątor K., Kmiec E., The occurrence of microplastics in freshwater systems – preliminary results from Krakow (Poland) Geology, Geophysics and Environment, 2018, 44 (4): 391–412
- Piotr Zieliński*1) , Karolina Mierzyńska. Microplastics in Polish freshwater ecosystems: Current state of knowledge and research gaps . JOURNAL OF WATER AND LAND DEVELOPMENT
- Dacewicz, E., Łobos-Moysa, E. and Chmielowski, K. (2024) "Identification tools of microplastics from surface water integrating digital image processing and statistical techniques," Materials, 17(15), 3701. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma17153701>
- Kaliszewicz, A. et al. (2020) "The contamination of inland waters by microplastic fibres under different anthropogenic pressure: Preliminary study in Central Europe (Poland)," Waste Management & Research, 38(11), pp. 1231–1238. Available at: <https://doi.org/10.1177/0734242X20938448>.
- Świątek, O.; Dąbrowska, A. A Feasible and Efficient Monitoring Method of Synthetic Fibers Released during TextileWashing. Microplastics 2024, 3, 67–81. <https://doi.org/10.3390/microplastics3010005>

- Ormaniec P. Occurrence and analysis of microplastics in municipal wastewater, Poland. Environmental Science and Pollution Research (2024) 31:49646–49655; <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34488-z>

13.30. Estudio de casos

13.30.1. Estudio de caso 1: Hydrostrateg

Un sistema para la recopilación y el procesamiento de datos en tiempo real sobre la presencia de microplásticos y sustancias derivadas del petróleo en el agua

El proyecto, financiado en el marco del Programa Estratégico del Gobierno «Hydrostrateg», – en el marco de la tercera convocatoria del programa: «Innovaciones para la gestión del agua y la navegación interior» – una iniciativa del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo – consiste en el desarrollo de un sistema innovador para la monitorización automática de microplásticos y sustancias derivadas del petróleo en el agua. Los miembros del consorcio que ejecuta el proyecto son:

- la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado de Breslavia,
- la empresa Techsy,
- la Universidad de Ciencia y Tecnología de Breslavia,
- la Empresa Estatal de Gestión del Agua Wody Polskie.

El objetivo del proyecto es desarrollar y comercializar el primer sistema integral (conjunto de dispositivos) para la monitorización continua y automática de la presencia de microplásticos (MP) en el agua, sin necesidad de intervención manual por parte de un empleado ni de enviar muestras a un laboratorio especializado. El sistema está diseñado para funcionar en condiciones reales (sobre el terreno), lo que permite monitorizar los microplásticos en el agua que fluye por ríos, arroyos superficiales, redes de abastecimiento de agua y desagües de plantas de tratamiento de aguas residuales, permitiendo una evaluación continua de los niveles de contaminación directamente en el punto de recogida.

Fecha de la firma del acuerdo de financiación: 14 de agosto de 2025.

Los dispositivos desarrollados en el marco del proyecto analizan muestras de agua in situ y transmiten los resultados de forma inmediata las 24 horas del día, los 7 días de la semana, incluso por la noche y durante los fines de semana. El uso de este sistema de monitorización a mayor escala en el futuro permitirá un control continuo de la calidad del agua en lo que respecta a los microplásticos, de forma similar a la monitorización continua de la calidad del aire en relación con contaminantes como las partículas en suspensión, el monóxido de carbono y el benceno a través de toda una red de estaciones de medición.

El proyecto incluirá el desarrollo de un método de muestreo, la investigación sobre el uso de marcadores y el desarrollo de métodos de análisis que permitan la identificación precisa de microplásticos sin necesidad de complejas técnicas de laboratorio.

Los grupos destinatarios del proyecto son las empresas de suministro de agua y saneamiento, las plantas industriales y las instituciones responsables de la protección del medio ambiente. A través del proyecto, los usuarios tendrán acceso a una herramienta innovadora que permitirá un análisis más fácil y rápido de los microplásticos en el agua.

El proyecto dará como resultado un sistema listo para su implementación que permitirá el seguimiento continuo de la calidad del agua, apoyando la protección del medio ambiente y garantizando una calidad del agua segura para la población.

<https://techsy.com.pl/projekty/>

13.30.1. Estudio de caso 2: FanPLESStic-sea

Contexto

FanPLESStic-sea es un proyecto dedicado a prevenir y reducir la contaminación por microplásticos en el agua y en el mar Báltico.

Proyecto internacional: el proyecto FanPLESStic-sea reunió a organizaciones asociadas de ocho países bálticos: Suecia, Finlandia, Noruega, Dinamarca, Polonia, Letonia, Lituania y Rusia. Polonia estuvo representada por dos entidades de Gdańsk: Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z o.o. y Gdańskie Wody Sp. z o.o.

Problema identificado

Se han encontrado microplásticos en las zonas más remotas del mar Báltico, así como en el agua potable, pero se desconoce el alcance real y las consecuencias del problema. Recuperar los microplásticos del mar es extremadamente difícil y costoso, si no imposible con las tecnologías existentes. Por lo tanto, las medidas deben centrarse en mitigar las fuentes y eliminar los microplásticos antes de que lleguen al mar. Actualmente existe un vacío de conocimiento sobre las tecnologías de eliminación reales y las políticas para implementar medidas preventivas o tecnologías de eliminación.

Resultados cuantitativos

En el marco del proyecto, GIWK Sp. z o.o. llevó a cabo una investigación sobre el contenido de microplásticos en el agua potable y las aguas residuales, verificó su tasa de eliminación mediante procesos de tratamiento de agua y aguas residuales, así como a través de un proceso que utiliza humedales artificiales, probado en una estación piloto construida en los terrenos de la planta de tratamiento como parte de otro proyecto internacional. La empresa también llevó a cabo una campaña educativa sobre los microplásticos y sus efectos nocivos para el medio ambiente y la salud humana, y supervisó la implementación de campañas similares por parte de otros socios del proyecto. El punto de partida para la implementación de la campaña fueron las actividades realizadas como parte de la campaña educativa «City on Detox», que tuvo una gran acogida y amplia difusión, y fue ampliamente reconocida en Gdańsk y más allá.

Participación de las partes interesadas

Dos entidades de la administración local participaron en la ejecución del proyecto:

- Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Sp. z o.o.,

- Gdańskie Wody Sp. z o.o.

Lecciones aprendidas

- se adquirieron conocimientos sobre el origen de los microplásticos y sus vías de propagación,
- se evaluó la eficacia de las tecnologías que reducen las cargas de microplásticos o el riesgo de que estos lleguen a las vías fluviales,
- y se incrementaron los conocimientos y el compromiso de los responsables de la toma de decisiones al ofrecerles sugerencias sobre cómo implementar métodos rentables de reducción de microplásticos.

Información de contacto

<https://www.giwk.pl/dla-srodowiska/zrealizowane-projekty/projekt-fanplesstic-sea/>

13.31. Principales retos y obstáculos

En Polonia existen diversos obstáculos para la mitigación de los microplásticos. En primer lugar, cabe mencionar aquí las limitaciones económicas. Estas influyen tanto en las posibilidades técnicas de mitigación de los microplásticos como en los comportamientos y la toma de decisiones de los consumidores de textiles y prendas de vestir. La guerra en Ucrania está provocando un aumento significativo de las asignaciones presupuestarias a la defensa, considerablemente superiores a las de años anteriores. Esto está dando lugar a que se mantenga el nivel de financiación de la investigación y la inversión al de años anteriores, o incluso a su reducción.

La situación financiera y de mercado de la industria textil y de la confección polaca es difícil. El sector se enfrenta a problemas derivados de la importación excesiva de textiles procedentes de Oriente, principalmente de China. Estos productos son considerablemente más baratos que los fabricados en el país. Al mismo tiempo, el elevado salario mínimo, las prestaciones sociales y los impuestos que gravan a los empresarios les impiden competir con los productos importados, mientras que, al mismo tiempo, disponen de fondos muy limitados para la inversión.

La situación económica obliga a muchas personas a comprar ropa de menor calidad, a menudo importada (por ejemplo, de China), cuyos parámetros de calidad y composición de las materias primas se desconocen. Los productos textiles de menor calidad son una fuente mayor de microplásticos en comparación con los textiles y la ropa de alta calidad, incluidos los artículos de lujo, que representan una pequeña parte del mercado textil y de la confección polaco.

Otro reto es cambiar la mentalidad de los consumidores de textiles y ropa. La moda rápida sigue siendo dominante en Polonia. La estructura de edad de la sociedad polaca, dominada por personas mayores, puede suponer una barrera. Estas personas rara vez acceden a información de fuentes en línea sobre amenazas medioambientales, microplásticos en el agua y posibles métodos para reducir los microplásticos. Los polacos de más edad aún recuerdan la situación del mercado en los años 80 y 90, cuando era muy difícil conseguir productos industriales. En aquella época, la gente compraba todo lo que había disponible en la tienda, independientemente de si lo necesitaba o no, por miedo a que en el futuro, cuando lo necesitara, esos productos no estuvieran disponibles. Estos hábitos y costumbres siguen presentes en algunos sectores de la sociedad.

13.32. Casos de éxito y buenas prácticas a nivel nacional

13.32.1. Tecnologías innovadoras

Científicos polacos de la Universidad Tecnológica de Silesia, en Gliwice, están desarrollando materiales con un menor impacto medioambiental mediante el uso de quitosano, alginato de sodio y almidón, que pueden sustituir al plástico tradicional. Este estudio presenta un innovador método de producción de películas multicapa, que combina fibras de policaprolactona (PCL) electrohiladas con una matriz de quitosano. Los materiales recién desarrollados garantizan una reducción tangible de los microplásticos y contribuyen a crear una solución de envasado más limpia y respetuosa con el medio ambiente [Jakubska et al. 2025].

13.32.2. Iniciativas industriales y municipales

El Pacto Polaco por los Plásticos: iniciativa de la Fundación 17 Goals Campaign. Reúne a empresas y organizaciones involucradas en la cadena de valor de los plásticos para trabajar conjuntamente con el fin de cerrar el ciclo de los envases de plástico en Polonia. Se trata de una plataforma de colaboración multisectorial, impulsada por la industria y en la que participan múltiples partes interesadas, cuyo objetivo es mitigar los residuos y la contaminación derivados de los envases de plástico mediante la integración de diversos socios de la cadena de valor, incluyendo empresas, ONG y otros actores clave de la cadena de valor nacional de los plásticos.

https://paktplastikowy.pl/english-version/?utm_source=chatgpt.com

13.32.3. Certificaciones o programas voluntarios

Certificación Plastic Free: una norma internacional y voluntaria de certificación de productos. Certifica que los productos finales, los envases y los materiales no contienen plástico convencional. Este sistema global, propiedad de la empresa de interés público PlasticFreeCertifications, una startup innovadora, se centra en eliminar los plásticos de origen fósil y fomentar el uso de materiales más sostenibles. El programa está disponible para diversos sectores.

13.32.4. Colaboraciones o proyectos exitosos

- **Proyecto «Estudio del mecanismo de transporte de residuos de macroplásticos en un arroyo con vegetación».**

El proyecto se centra en ríos con riberas con vegetación. Su objetivo principal no es solo reconstruir la trayectoria de los residuos plásticos, sino, sobre todo, desarrollar soluciones que limiten su propagación en aguas continentales y su escorrentía hacia mares y océanos. El proyecto desarrollará un modelo matemático que permitirá realizar simulaciones numéricas del transporte de plásticos en diversas condiciones de caudal. Estos conocimientos ayudarán a monitorizar las aguas en busca de este tipo de contaminación de forma más rápida y rentable, y a prevenir su propagación.

<https://zielonyrozwoj.pl/polscy-naukowcy-opracuja-model-sledzenia-mikroplastiku-w-rzekach/>

- **Aquacollector**

Aquacollector es un dispositivo portátil diseñado para recoger y eliminar los microplásticos de las masas de agua. El dispositivo está destinado tanto a propietarios de depósitos de agua públicos como privados. El prototipo funciona con paneles fotovoltaicos. La energía así obtenida acciona una bomba sumergible, lo que aumenta el caudal de agua a través de un sistema de filtros que retienen los contaminantes. El Aquacollector está equipado con un localizador integrado y un sensor de obstrucción del filtro. También se ha desarrollado una aplicación móvil que permite localizar el dispositivo a distancia y supervisar el nivel de llenado de la malla del filtro.

<https://slaskifestiwalnauki.pl/aquacollector-przenosne-urzadzenie-do-zbierania-i-utylizacji-zanieczyszczen-syntetycznych-z-akwenow>

- **C-TRUE**

La startup C-TRUE, en colaboración con la Universidad Politécnica de Varsovia y la empresa de biotecnología Selvita, está desarrollando un biosensor capaz de detectar microplásticos de poliestireno. El elemento clave es un cartucho microfluídico, un pequeño dispositivo en el que el usuario introduce una muestra de agua o de alimentos. El resultado se puede leer mediante una aplicación móvil y la cámara del teléfono. La tecnología se encuentra en la fase de MVP. C-TRUE ya ha probado los biosensores utilizando alérgenos del cacahuete como ejemplo. Los investigadores están desarrollando ahora una solución para el poliestireno, con la vista puesta en otros tipos de microplásticos.

<https://www.gazetaprawna.pl/wideo/z-pierwszej-strony/wideo/9884144,mikroplastik-na-talerzu-polski-start-up-chce-pomoc-nam-go-wykrywac.html>

13.33. Políticas nacionales y marco normativo

13.33.1. Legislación nacional relativa a los microplásticos

Ley de 19 de julio de 2019 por la que se modifica la Ley sobre el mantenimiento de la limpieza y el orden en los municipios y otras leyes. Dicha ley introdujo la obligación de separar los residuos textiles a partir del 1 de enero de 2025. (Ley de 19 de julio de 2019 por la que se modifica la Ley sobre el mantenimiento de la limpieza y el orden en los municipios y otras leyes —en polaco, Dz. U. de 2018, núm. 1454 y 1629, y de 2019, núm. 730 y 1403).

13.33.2. Armonización con la legislación europea

Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE relativa a los residuos (Texto pertinente a efectos del EEE).

13.33.3. Planes estratégicos, incentivos y programas

- **Hydrostrateg**

Programa estratégico gubernamental Hydrostrateg «Innovaciones para la gestión del agua y la navegación interior».

El objetivo principal del programa es implementar nuevas soluciones para mejorar la eficiencia del uso y la gestión del agua en Polonia.

El programa abarca tres áreas de investigación:

1. el agua en el medio ambiente: biodiversidad/bioproductividad
2. el agua en la ciudad
3. navegación interior

Los objetivos específicos son:

- Aumento de la retención y mejora de la calidad del agua (aplicando los principios del desarrollo sostenible y la gestión sostenible del agua y las aguas residuales).
- Implementación de nuevos métodos de investigación, observaciones y herramientas que apoyen el seguimiento y la evaluación del estado de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas dependientes del agua.
- Aumento del uso de las vías navegables para la navegación interior con los recursos existentes.

13.33.4. Actividades nacionales de estandarización

Las actividades de normalización en Polonia se basan en el principio de adoptar las normas europeas e internacionales como normas polacas.

PN-EN ISO 24187:2024-02 Principios para el análisis de microplásticos presentes en el medio ambiente.

13.34. Necesidades de formación y propuestas educativas

13.34.1. Necesidades de formación y propuestas educativas

Es necesario sensibilizar a la población sobre los efectos nocivos de los microplásticos y las formas de prevenirlos. El nivel de concienciación entre los polacos es relativamente alto. En Internet se puede encontrar una gran cantidad de información, informes, publicaciones científicas y entrevistas sobre este tema. Sin embargo, es necesario continuar y reforzar esta actividad.

Los programas de estudios, incluidos los del programa de Estudios Textiles de la Universidad Tecnológica de Lodz, incorporan en sus contenidos la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible en sentido amplio, incluida la prevención de la formación de microplásticos.

13.34.2. Recomendaciones para la integración en los planes de estudios y la formación profesional

La transferencia de conocimientos y buenas prácticas en el ámbito de los microplásticos, sus fuentes y medidas de mitigación debería llevarse a cabo en todos los niveles educativos, incluidas las universidades de la tercera edad.

El contenido de dicha formación debería adaptarse a la edad y las competencias de los participantes. Por ejemplo, en el caso de los niños y adolescentes, sería recomendable introducir contenidos relacionados con los microplásticos en los videojuegos.

13.35. Conclusiones

En Polonia, los microplásticos se generan en todas las fases del ciclo de vida de los textiles: producción, uso y eliminación.

La concienciación sobre la amenaza que suponen los microplásticos para la salud y el medio ambiente es muy elevada, como lo demuestran el número de proyectos, las publicaciones científicas y los contenidos en las redes sociales.

Se están llevando a cabo numerosos proyectos científicos y educativos relacionados con el desarrollo sostenible, incluidos los microplásticos.

Es necesario continuar e intensificar todos estos esfuerzos.

Los factores financieros constituyen el mayor obstáculo para contrarrestar la generación de microplásticos, ya que influyen en las decisiones tanto de las empresas como de los usuarios individuales de productos textiles.

13.36. Referencias

Eurostat. Statistics. Household consumption by purpose, explained
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Household_consumption_by_purpose

Jakubska, J.; Hudecki, A.; Kluska, D.; Grzybek, P.; Gołombek, K.; Pakieła, W.; Spatek, H.; Włodarczyk, P.; Kolano-Burian, A.; Dudek, G. Innovative Multilayer Biodegradable Films of Chitosan and PCL Fibers for Food Packaging. *Foods* 2025, 14, 2470. <https://doi.org/10.3390/foods14142470>

Mateja-Furmanik M. Nowatorski system do walki z mikroplastikiem. Wrocławskie wodociągi testują przełomowe rozwiązanie, 2025. <https://zielony.onet.pl/przyroda/mikroplastik-w-wodzie-innowacyjny-projekt-wroclawskich-wodociagow/cw7v52v>

Od potęgi do niszy dla wytrwałych. Co czeka branżę włókienniczą? 2024;
<https://media.big.pl/informacje-prasowe/832884/od-potegi-do-niszy-dla-wytrwalych-co-czeka-branze-wlokiennicza>

Polska branża odzieżowa na tle światowych rynków, <https://www.trade.gov.pl/wiedza/polska-branza-odziezowa-na-tle-swiatow>, 25.11.2025; KO BP, Departament Analiz Ekonomicznych, „Rynki międzynarodowe: odzież. Sytuacja bieżąca i prognozy do 2029”, sierpień 2025

Producenci odzieży 24-11-2025; https://www.coig.com.pl/wykaz_lista_producentow-tekstyliow.php

Producenci tekstyliów 24-11-2025; https://www.coig.com.pl/wykaz_lista_producentow-tekstyliow.php

Rosalio. Blog. 2025. Polska jest 6. w Europie w wydatkach na modę, ale 78% nadal kupuje stacjonarnie. Co się zmieni? https://rosalio.pl/blog/polska-rynek-mody-digitalizacja-2025-prognozy/?srsId=AfmBOoob_Z-Ee1RcJgoWtDdwVfWktDVhfug5EtEjB8HtazUs8wZsNues#badanie-cyfrowa-przepasc

Walkowska-Macias K. Produkcja wyrobów przemysłowych w latach 2020–2024, GUS, Warszawa 2025
Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2022,

Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2023,

Yearbook of Foreign Trade Statistics of Poland 2024,

<https://www.oliviacentre.com/news/dzien-bez-opakowan-foliowych/>;<https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/waste/plastic-bags-used-per-year>

<https://www.medexpress.pl/nauka-medycyna/rewolucja-w-walce-z-plastikiem-badania-polki-daja-nadzieje-na-czystsza-planete/>



Anexo IV: Informe Nacional - España

13.37. Introducción

La contaminación por microplásticos se ha consolidado en los últimos años como uno de los principales desafíos ambientales asociados a los sistemas productivos modernos, con implicaciones importantes para los ecosistemas acuáticos, la salud humana y la sostenibilidad económica. Entre las distintas fuentes identificadas, el sector textil destaca como uno de los principales contribuyentes a la liberación de microfibras sintéticas, generadas tanto durante los procesos de fabricación y acabado como a lo largo de la fase de uso y lavado de las prendas.

En el contexto europeo, la industria textil ha sido objeto de una atención creciente en el marco de las políticas de economía circular, prevención de la contaminación y sostenibilidad industrial, reflejadas en iniciativas como el Pacto Verde Europeo, la Estrategia de la UE para los Textiles Sostenibles y Circulares y los sucesivos Planes de Acción de Economía Circular. Estas estrategias reconocen explícitamente la necesidad de actuar sobre la generación de microplásticos en origen, mejorar su control en los sistemas de tratamiento de aguas y fomentar soluciones tecnológicas y de diseño que minimicen su liberación al medio ambiente.

España, como uno de los países con mayor tradición y peso industrial en el sector textil europeo, participa activamente en los esfuerzos colectivos orientados a la prevención y reducción de la contaminación por microplásticos. Universidades, centros tecnológicos, empresas textiles, gestores del ciclo integral del agua y administraciones públicas españolas están implicados en proyectos financiados por la Unión Europea a través de programas como LIFE, Horizon 2020, Horizon Europe e Interreg. Estas iniciativas abordan de manera complementaria la reducción de los microplásticos en origen, así como su detección, monitorización y eliminación en los sistemas acuáticos.

Su importancia para el sector textil es especialmente significativa, dado que una proporción importante de las microfibras liberadas durante el uso y el lavado de las prendas es transportada hacia las estaciones depuradoras de aguas residuales, desde donde puede alcanzar el medio receptor. De forma paralela, otros proyectos con participación española se centran en el desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras y en la reducción de la generación de microfibras desde las fases de diseño, selección de materiales y fabricación de los textiles, actuando de manera preventiva sobre la fuente del problema.

Todas estas actuaciones reflejan un enfoque que combina la prevención en origen, la mejora de los procesos industriales, la innovación en materiales y el tratamiento avanzado de aguas, en plena alineación con las prioridades europeas y con los objetivos nacionales en materia de sostenibilidad industrial y protección ambiental. No obstante, la implantación generalizada de estas soluciones continúa enfrentándose a retos de carácter técnico, económico y regulatorio, lo que evidencia la necesidad de disponer de un marco nacional de análisis y referencia que normalice el conocimiento existente, identifique buenas prácticas y facilite la toma de decisiones por parte de los distintos agentes implicados.

El presente Informe Nacional sobre Microplásticos en el Sector Textil en España se ha elaborado con el propósito de proporcionar una visión estructurada y actualizada de la problemática de los

microplásticos, y en particular de las microfibras textiles, en el contexto nacional. El informe tiene como objetivo exponer el conocimiento científico y técnico disponible, identificar las principales fuentes de emisión a lo largo del ciclo de vida de los productos textiles, analizar el marco normativo y las iniciativas de investigación, innovación y cooperación existentes, así como poner en valor las buenas prácticas y soluciones tecnológicas desarrolladas por el sector industrial y los agentes del sistema de I+D+i.

Asimismo, este informe pretende servir como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para administraciones públicas, empresas, centros tecnológicos y otros actores relevantes, facilitando la definición de estrategias y medidas orientadas a la prevención y reducción de la liberación de microplásticos, en coherencia con las políticas europeas y los compromisos nacionales en materia de sostenibilidad, economía circular y protección del medio ambiente. En este sentido, el documento busca contribuir al diseño de acciones coordinadas y basadas en la evidencia, que impulsen la transición del sector textil español hacia modelos productivos más sostenibles y ambientalmente responsables.

13.38. Panorama general de la industria textil nacional

13.38.1. Introducción y delimitación del sector

El sector textil y de la confección constituye una actividad industrial tradicional en la economía española, con un peso relevante tanto en términos de empleo como de tejido empresarial. De acuerdo con la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-2009), el sector comprende la preparación e hilado de fibras, la fabricación y acabado de tejidos, la producción de otros artículos textiles y la confección de prendas de vestir (Instituto Nacional de Estadística (Instituto Nacional de Estadística, 2023). Históricamente, esta industria se ha caracterizado por una elevada fragmentación empresarial y una fuerte concentración territorial.

Desde mediados de los años noventa, la producción textil española se ha visto profundamente condicionada por el proceso de liberalización del comercio internacional derivado del Acuerdo sobre Textiles y Confección, integrado plenamente en las normas de la Organización Mundial del Comercio en 2005 (Moral, 2004). Este nuevo marco ha intensificado la competencia internacional, especialmente procedente de los países asiáticos, obligando al sector a adaptarse mediante procesos de reestructuración productiva, deslocalización parcial y estrategias basadas en la diferenciación por calidad, diseño y rapidez de respuesta al mercado (European Commission, 2004).

13.38.2. Evolución reciente y cifras actuales de producción

La producción textil en España ha experimentado una pérdida progresiva de peso relativo dentro del conjunto de la industria manufacturera, en línea con la evolución de otros sectores industriales tradicionales. A partir de los años 2000 se observa una desaceleración del crecimiento, con impactos significativos sobre la producción y el empleo (Moral, 2004). No obstante, el sector continúa desempeñando un papel relevante en determinadas regiones y segmentos especializados.

Según el último informe del Centro de Información Textil y de la Confección (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025), en 2024 la industria textil española alcanzó una cifra de negocios de 5.996 millones de euros, lo que supuso un descenso del 2,7 % respecto al ejercicio anterior (Centro

de Información Textil y de la Confección [CITYC], 2025). El número de empresas activas se situó en 3.426, con una reducción interanual del 2,3 %, mientras que el empleo directo alcanzó los 45.429 trabajadores, lo que representa una caída del 1,1 % en comparación con 2023 (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025). Estos datos reflejan una fase de ajuste tras el crecimiento registrado en los años posteriores a la pandemia.

Desde el punto de vista de la estructura productiva, la cifra de negocios se concentra principalmente en los subsectores de tejidos, artículos textiles de uso técnico y textiles para el hogar, que en conjunto representan una parte sustancial de la producción total. Esta especialización productiva ha permitido mantener cierta estabilidad en segmentos de mayor valor añadido, aunque no ha evitado la reducción del número de empresas y del empleo.

13.38.3. Dimensión territorial y estructura empresarial

La producción textil en España presenta una elevada concentración geográfica. Cataluña y la Comunidad Valenciana concentran una parte muy significativa de la actividad textil, especialmente en las fases de hilado, tejeduría y acabados, mientras que la confección muestra una distribución territorial más dispersa, con especial presencia en Andalucía, Galicia, Madrid y Castilla-La Mancha (Instituto Nacional de Estadística, 2023).

El sector está dominado por pequeñas y medianas empresas. Más del 50 % de las empresas cuentan con menos de cinco trabajadores y una proporción relevante carece de asalariados, lo que refleja un modelo productivo altamente atomizado (Moral, 2004). Esta estructura limita la capacidad de inversión en innovación, digitalización y expansión internacional, aunque en los últimos años se han observado procesos incipientes de cooperación empresarial y especialización productiva.

13.38.4. Producción, comercio exterior y competitividad

La evolución de la producción textil española está estrechamente vinculada al comercio exterior. En 2024, las exportaciones textiles alcanzaron los 4.720 millones de euros, con un crecimiento del 1,6 % respecto a 2023, mientras que las importaciones se situaron en 5.107 millones de euros, aumentando un 6,3 % interanual (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025). Como consecuencia, la balanza comercial del sector presentó un déficit de 387 millones de euros, ampliándose respecto al ejercicio anterior.

Los principales destinos de las exportaciones textiles españolas son Marruecos, Francia, Italia, Portugal y Alemania, lo que refleja una fuerte orientación hacia los mercados europeos y del entorno mediterráneo. En cuanto a las importaciones, destacan países como China, Turquía, Italia y Pakistán, que concentran una parte significativa del suministro exterior (Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC, 2025). Frente a esta presión competitiva, las empresas españolas han optado por estrategias de diferenciación, flexibilidad productiva y control de la cadena de valor, especialmente en los segmentos de mayor valor añadido.

13.38.5. Conclusiones

La producción textil en España se enfrenta a un entorno altamente competitivo y en constante transformación. Aunque el sector ha perdido peso relativo dentro de la industria manufacturera, mantiene una relevancia económica y social significativa, especialmente en determinadas regiones.

Los datos más recientes del CITYC muestran una fase de ajuste caracterizada por la reducción del número de empresas y del empleo, así como por un deterioro del saldo comercial.

El futuro del sector dependerá de su capacidad para avanzar en innovación tecnológica, digitalización, sostenibilidad y especialización en productos de mayor valor añadido, así como de la mejora de la productividad y del tamaño medio empresarial. En este contexto, el refuerzo de la cooperación empresarial y el apoyo de las políticas industriales resultan elementos clave para garantizar la viabilidad y competitividad de la producción textil en España.

13.39. Relevancia de los microplásticos/microfibras en el contexto nacional

La presencia de microplásticos en el medio ambiente se ha convertido en una importante preocupación medioambiental en España, especialmente en relación con los ecosistemas marinos y de agua dulce. Entre los diferentes tipos de microplásticos, las microfibras textiles sintéticas se han identificado como una de las formas más prevalentes, debido al uso generalizado de polímeros sintéticos como el poliéster, la poliamida y el acrílico en la industria textil y de la moda (Duch, 2024).

España, con una extensa costa de más de 7900 km y una fuerte dependencia de los ecosistemas marinos para el turismo, la pesca y la biodiversidad, es especialmente vulnerable a la contaminación por microplásticos (Filgueiras et al., 2019). Varios estudios nacionales han confirmado la presencia de microplásticos, incluidas las microfibras, en aguas costeras, sedimentos, masas de agua dulce y plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) (Los microplásticos, más allá de los pellets - Campus de Gandía Ciencia - UPV Universitat Politècnica de València, s. f.). El mar Mediterráneo, que bordea una parte importante del litoral español, ha sido identificado como una de las regiones marinas con mayor concentración de microplásticos del mundo (Simón-Sánchez et al., 2022).

Las microfibras textiles se liberan a lo largo del ciclo de vida de los productos textiles, pero la fase de uso, en particular el lavado doméstico, ha sido identificada como la principal fuente de emisiones. Durante el lavado, las prendas sintéticas desprenden grandes cantidades de fibras microscópicas que son transportadas a través de los sistemas de aguas residuales (Reciclar está de moda - Recuperación textil en Madrid - Ayuntamiento de Madrid, s. f.). Aunque las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden retener un alto porcentaje de estas partículas (López-Castellanos et al., 2020), una fracción significativa sigue llegando a los medios acuáticos, mientras que las microfibras retenidas se acumulan en las aguas residuales.

Esta preocupación ha ido en aumento debido a:

- El elevado consumo de productos textiles, influido por los modelos de moda rápida (Briefing-textiles-in-europe-s-circular-economy, 2019).
- La importancia de la industria textil y de la confección a nivel nacional, especialmente en regiones como Cataluña, Galicia y la Comunidad Valenciana (251007_informe-economico-de-la-moda-en-espana-2025, 2025).
- El uso extensivo de aguas residuales tratadas y lodos de depuradora en la agricultura, lo que aumenta el riesgo de contaminación terrestre por microfibras (Nizzetto et al., 2016).

Además, recientes evidencias científicas sugieren que las microfibras pueden actuar como vectores de contaminantes químicos y microorganismos, lo que suscita preocupación por sus posibles impactos en los ecosistemas y la salud humana (Delgado Fimia, 2019). Aunque siguen existiendo lagunas de conocimiento, el creciente número de investigaciones nacionales pone de relieve la necesidad de abordar la contaminación por microplásticos relacionados con los textiles mediante medidas preventivas, soluciones tecnológicas y marcos normativos.

Como resultado, los microplásticos y, en concreto, las microfibras textiles representan un reto medioambiental prioritario en España, estrechamente vinculado a la producción textil sostenible, los patrones de consumo y la gestión de las aguas residuales. Abordar esta cuestión se ajusta a las estrategias medioambientales nacionales, así como a los compromisos de España en el marco de las políticas de la Unión Europea relacionadas con la economía circular, la prevención de la contaminación y los textiles sostenibles.

13.40. Fuentes nacionales de emisión de microfibras

13.40.1. Fase de Producción

La etapa de producción textil constituye una fuente inicial de liberación de microfibras, especialmente en aquellos procesos que implican estrés mecánico y modificación superficial de las fibras, como la hilatura, la tejeduría y los procesos de acabado. Durante la hilatura y la formación del tejido, la fricción, la tensión mecánica y los cortes generan fibras cortas y fragmentos que pueden liberarse al ambiente de trabajo o incorporarse posteriormente a las corrientes de aguas residuales durante los procesos húmedos (Luzi et al., 2025).

Los procesos de acabado, lavado industrial, teñido y aplicación de tratamientos químicos representan un punto crítico en la liberación de microfibras, ya que combinan uso intensivo de agua, agitación mecánica y productos químicos, favoreciendo el desprendimiento de fibras débilmente unidas a la estructura textil. Estudios experimentales han demostrado que los tejidos pueden liberar microfibras incluso antes de llegar al consumidor final, contribuyendo a emisiones tempranas a lo largo del ciclo de vida del producto (Cesa et al., 2020; De Falco et al., 2020).

En el contexto español, los efluentes industriales textiles han sido identificados como una vía relevante de entrada de microfibras al medio ambiente. Investigaciones realizadas en estaciones depuradoras que tratan aguas residuales de áreas con actividad textil muestran la presencia de microplásticos, incluidas microfibras, tanto en el agua de entrada como en el efluente tratado, con eficiencias de eliminación variables en función de la tecnología empleada (Carr et al., 2016).

Aunque los sistemas convencionales pueden retener una elevada proporción de microplásticos, las fibras presentan una menor eficiencia de retención y pueden atravesar los tratamientos secundarios y terciarios.

En cuanto al tipo de fibra, las fibras sintéticas (principalmente poliéster y poliamida) presentan una mayor persistencia ambiental debido a su resistencia a la biodegradación. No obstante, las fibras naturales también pueden contribuir a la contaminación cuando han sido sometidas a tratamientos químicos o se presentan en mezclas con fibras sintéticas, lo que complica su degradación y

comportamiento ambiental (Cesa et al., 2020; De Falco et al., 2020). Esta diferencia es especialmente relevante para la industria textil española, caracterizada por un amplio uso de tejidos mezclados.

13.40.2. Fase de uso

La fase de uso, y en particular el lavado doméstico, ha sido identificada de forma consistente como la principal fuente de liberación de microfibras textiles al medio ambiente. Durante el lavado, las prendas están sometidas a flujos de agua, fricción mecánica, cambios de temperatura y acción de detergentes, lo que favorece el desprendimiento de fibras microscópicas. Diversos estudios han demostrado que un solo ciclo de lavado puede liberar desde miles hasta millones de microfibras, especialmente en el caso de prendas fabricadas con fibras sintéticas (De Falco et al., 2018; Cesa et al., 2017).

La cantidad de microfibras liberadas depende de múltiples factores. El tipo de tejido y la estructura del hilo son determinantes clave, observándose mayores emisiones en tejidos de punto, tejidos afelpados y estructuras con baja torsión del hilo en comparación con tejidos de calada o de construcción más compacta (De Falco et al., 2020). Asimismo, el tiempo de uso y el número de lavados previos de la prenda influyen de forma significativa, ya que el desgaste progresivo de la superficie textil incrementa la liberación de fibras con el tiempo (Cesa et al., 2017).

Los parámetros de lavado también desempeñan un papel relevante. Programas de lavado largos, con mayores volúmenes de agua y mayor agitación mecánica, tienden a aumentar la liberación de microfibras, mientras que ciclos más cortos y suaves pueden reducirla parcialmente (De Falco et al., 2018). Este aspecto resulta especialmente relevante en España, donde el uso generalizado de lavadoras domésticas convierte al lavado en una fuente difusa pero significativa de contaminación por microfibras.

Una vez liberadas, las microfibras alcanzan las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). Estudios realizados en EDAR españolas indican que las tecnologías convencionales pueden eliminar entre el 80 y el 90 % de los microplásticos totales; sin embargo, las fibras muestran menores tasas de retención y son detectadas con frecuencia en los efluentes tratados (Olmos Espinar et al., 2020).

13.40.3. Gestión al final de la vida útil

En la etapa de fin de vida, los productos textiles pueden contribuir de forma indirecta a la liberación de microfibras a través de una gestión inadecuada de los residuos y procesos de fragmentación secundaria (Weis & De Falco, 2022). En España, a pesar del avance normativo reciente, una parte significativa de los residuos textiles continúa destinándose a vertedero o incineración, mientras que las tasas de recogida selectiva y reciclaje siguen siendo limitadas en comparación con otros flujos de residuos (Gobierno de España, 2020).

En los vertederos, los materiales textiles están expuestos a condiciones ambientales variables, como radiación ultravioleta, humedad, cambios de temperatura y estrés mecánico, que favorecen la degradación progresiva de las fibras. Estos procesos pueden provocar la fragmentación de fibras sintéticas en micro y nanoplasticos, contribuyendo a la contaminación del suelo y, potencialmente, a la dispersión hacia aguas superficiales y subterráneas (Shahul Hamid et al., 2018).

La incineración permite reducir el volumen de residuos textiles, pero no elimina los impactos asociados a la liberación de microfibras en etapas previas del ciclo de vida del producto. Además, genera cenizas

y residuos secundarios que deben ser gestionados de forma controlada, lo que limita su contribución a una economía verdaderamente circular (Gobierno de España, 2020).

El reciclaje mecánico, que actualmente constituye la principal vía de reciclaje textil en España, presenta importantes limitaciones en relación con la generación de microfibras. Los procesos de corte, triturado y desfibrado someten a los materiales textiles a elevadas tensiones mecánicas, favoreciendo la formación de fibras cortas y fragmentos. Diversos estudios han señalado que estos procesos pueden incrementar la liberación de microfibras, especialmente cuando se trata de textiles mezclados o de baja calidad, lo que además conlleva una degradación de las propiedades mecánicas del material reciclado (Godoy Calero, 2021; Lanz et al., 2024).

Estas limitaciones son especialmente relevantes en el contexto español, donde una parte significativa del residuo textil está compuesta por mezclas de fibras naturales y sintéticas, lo que dificulta tanto la separación como el reciclaje de alta calidad. En este sentido, iniciativas nacionales recientes, como la implantación de sistemas de responsabilidad ampliada del productor (RAP) para el textil (MITERD, 2022), impulsados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y por sistemas colectivos de responsabilidad ampliada del productor (SCRAP) como RE_VISTE (Sobre la Asociación - Gestión de Residuo Textil, s. f.), buscan mejorar la recogida, clasificación y valorización de los residuos textiles. No obstante, el control específico de la generación de microfibras en esta etapa sigue siendo un reto pendiente que requiere un enfoque integrado basado en ecodiseño, selección de materiales y tecnologías de reciclaje avanzadas (Gobierno de España, 2020).

13.41. Estudios científicos y técnicos nacionales

En los últimos años, España ha desarrollado una actividad creciente en el ámbito de la investigación científica y técnica relacionada con los microplásticos y, en particular, con las microfibras textiles. Esta actividad se lleva a cabo a través de centros de investigación públicos, universidades, institutos tecnológicos y proyectos colaborativos con la industria, contribuyendo al avance del conocimiento sobre las fuentes de emisión, los impactos ambientales y las posibles soluciones tecnológicas para la reducción de microfibras a lo largo del ciclo de vida del textil.

13.41.1. Instituciones de investigación activas

Diversas instituciones de investigación nacionales desempeñan un papel clave en el estudio de los microplásticos y su relación con el sector textil. Entre ellas destaca el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que ha desarrollado múltiples líneas de investigación centradas en la detección, caracterización y destino ambiental de los microplásticos en ecosistemas marinos, continentales y sistemas de tratamiento de aguas residuales. Algunos de estos estudios han permitido identificar la elevada presencia de microfibras en aguas costeras y sedimentos, así como su transferencia a través de las estaciones depuradoras de aguas residuales (Detectan concentraciones “excepcionalmente altas” de microplásticos en las Islas Columbretes | Consejo Superior de Investigaciones Científicas, s. f.).

Asimismo, los institutos tecnológicos especializados en el sector textil, como AITEX (Asociación de Investigación de la Industria Textil), desempeñan un papel relevante en la investigación aplicada. AITEX ha desarrollado estudios y proyectos orientados a la evaluación de la liberación de microfibras durante

los procesos de fabricación, lavado y uso de textiles, así como al desarrollo de soluciones basadas en ecodiseño, nuevos materiales y tratamientos textiles que reduzcan el desprendimiento de fibras (E-MICROPLAST 2025 - SOLUCIONES AMBIENTALES III - AITEX, s. f.; Microplásticos, El Nuevo Reto Ambiental Del Sector Textil, s. f.) .

Otros centros tecnológicos, como ITENE, también contribuyen desde una perspectiva más amplia de sostenibilidad, materiales y economía circular, abordando la problemática de los microplásticos en relación con envases, residuos y tecnologías de tratamiento, con potencial aplicación al ámbito textil (UPRISE: Análisis repercusiones partículas y microplásticos en salud fetal, s. f.).

13.41.2. Proyectos de investigación universitarios

Las universidades españolas desarrollan numerosos proyectos de investigación centrados en el estudio de los microplásticos, integrando enfoques experimentales, analíticos y de evaluación ambiental a lo largo del ciclo de vida de los materiales. Entre ellas, la Universitat Politècnica de València (UPV) se ha consolidado como uno de los principales referentes nacionales en investigación sobre microfibras textiles, con líneas de trabajo específicas orientadas al análisis de la liberación de fibras durante el lavado doméstico e industrial, la caracterización de microfibras en aguas residuales y lodos de depuración, así como la evaluación de la eficacia de distintas tecnologías de retención aplicadas en estaciones depuradoras de aguas residuales (García-Haba et al., 2024; Pérez et al., 2022; Un estudio de la Cátedra Aguas de Valencia demuestra la alta capacidad de los humedales artificiales para retener y degradar microplásticos | SIECATEDRAS | UPV, s. f.; UPV: Un equipo de la UPV desarrolla una aplicación que identifica y cuantifica microfibras plásticas en aguas y lodos residuales con inteligencia artificial | Universitat Politècnica de València, s. f.; UPV: Una investigación de la UPV y la UA revela la eficacia de los pavimentos permeables en la captura de microplásticos urbanos | Universitat Politècnica de València, s. f.).

La Universidad de Girona ha realizado estudios sobre la presencia de microplásticos en sistemas acuáticos y EDAR, contribuyendo a la comprensión de los mecanismos de retención y transferencia de microfibras hacia los lodos de depuración. Estos trabajos han proporcionado datos relevantes para el contexto nacional y han servido de base para posteriores investigaciones (PlastikHUM, s. f.; Sorigué instala una planta piloto en la EDAR de Quart para probar una nueva tecnología de tratamiento de aguas de bajo impacto ambiental | Sorigué, s. f.).

Otras universidades, como la Universidad de Granada (Olea, s. f.) o la Universidad Autónoma de Barcelona (Un proyecto pionero liderado por la UAB revela los riesgos de los micro- y nanoplasticos para la salud humana - Universitat Autònoma de Barcelona - UAB Barcelona, s. f.), han abordado la problemática de los microplásticos desde perspectivas complementarias, incluyendo la ecotoxicología, la ingeniería ambiental y la evaluación del riesgo ambiental, reforzando la base científica nacional en este ámbito.

13.41.3. Investigación industrial

El sector industrial español, en colaboración con centros tecnológicos y universidades, participa activamente en proyectos de investigación aplicada orientados a la reducción de la liberación de microfibras. Algunas empresas textiles han desarrollado iniciativas centradas en:

- La optimización de procesos de fabricación para minimizar la generación de fibras sueltas (Ramírez, 2019).
- El desarrollo de tejidos con mayor estabilidad estructural y menor desprendimiento de fibras, como es el caso de Ecoalf (OCEAN YARN & ZERO MICROPLASTICS | ECOALF, s. f.).
- La aplicación de acabados y tratamientos que reduzcan la abrasión durante el uso y el lavado, como es el caso de Inditex y Jeanologia que trabajan en desarrollar tecnologías que reducen la liberación de microplásticos durante la producción (Inditex y Jeanologia se alían para recuperar microfibras en la producción de prendas textiles, s. f.).

Asimismo, empresas del sector del tratamiento de aguas y fabricantes de equipamiento han participado en el desarrollo y validación de tecnologías de filtración y retención de microplásticos (CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L Esta tecnología permite eliminar los microplásticos de los medios acuosos, s. f.-a; EFFITEX, una solución eficiente para la eliminación de microplásticos en la industria textil - Agua, s. f.), tanto a escala industrial como doméstica (por ejemplo, filtros para lavadoras), con potencial de aplicación en el mercado español.

Estas iniciativas industriales contribuyen a la transferencia de conocimiento desde la investigación hacia soluciones prácticas, aunque su implementación a gran escala sigue enfrentándose a barreras técnicas, económicas y regulatorias.

13.41.4. Participación en proyectos europeos

España participa activamente en proyectos financiados por la Unión Europea que abordan la problemática de los microplásticos y la sostenibilidad del sector textil y del ciclo integral del agua. Programas como LIFE, Horizon 2020, Horizon Europe e Interreg han financiado iniciativas en las que participan universidades, centros tecnológicos, administraciones públicas y empresas españolas, reforzando el papel nacional en la investigación aplicada y la innovación ambiental.

Entre los proyectos más relevantes se encuentran iniciativas centradas en la detección, reducción y eliminación de microplásticos, tanto en el ámbito del tratamiento de aguas como en el origen textil de las microfibras, abordando aspectos como:

- La identificación de fuentes de microfibras textiles y microplásticos en entornos urbanos y fluviales.
- El desarrollo de metodologías de medición, detección y monitorización en aguas residuales y naturales.
- La implementación de soluciones tecnológicas para la reducción en origen y la eliminación durante los procesos de tratamiento.
- La demostración a escala real de tecnologías innovadoras y la transferencia de conocimiento a los agentes industriales y gestores del agua.

En el ámbito del tratamiento de aguas, el proyecto LIFE-PHOENIX se centra en la eliminación de microplásticos y otros contaminantes emergentes de aguas residuales, con el objetivo de permitir su regeneración y reutilización segura, especialmente con fines agrícolas (Life-Phoenix, s. f.). De forma complementaria, el proyecto Upstream, financiado por Horizon Europe, demuestra soluciones avanzadas para la detección y retirada de microplásticos y residuos en ríos europeos antes de su

llegada al medio marino, contando con la participación de la ciudad de Zaragoza como emplazamiento piloto (Upstream project - for waste free european rivers, s. f.). Asimismo, el proyecto transfronterizo BlueWWater, en el marco del programa Interreg España-Portugal (POCTEP), trabaja en el control, tratamiento y reducción de microplásticos y contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y masas de agua fluviales y costeras, evaluando la eficacia de distintas tecnologías de depuración y desarrollando métodos de monitorización ambiental (BlueWWater | Control, tratamiento y reducción de microplásticos y contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y en el medio costero transfronterizo, s. f.).

En relación con el origen textil de los microplásticos, el proyecto GLAUKOS, financiado por Horizon 2020 a través de la Bio-based Industries Joint Undertaking, aborda la reducción de la liberación de microplásticos mediante el desarrollo de fibras textiles y recubrimientos de base biológica, más biodegradables y reciclables. Este proyecto cuenta con participación española a través de la Universidad de Vigo, y se orienta a disminuir el impacto ambiental de prendas textiles y otros productos fibrosos (Circular solution for the textile industry, s. f.).

Por su parte, el proyecto LIFE ANHIDRA, financiado por el programa LIFE, se centra en la gestión sostenible del agua en procesos textiles. En él participan socios españoles como AITEX y Jeanologia (coordinador), junto con la empresa portuguesa Pizarro SA. El proyecto desarrolla un sistema de producción textil en circuito cerrado que permite reutilizar el agua de lavado y acabado, reduciendo de forma significativa los vertidos y, con ello, la liberación de microfibras y otros contaminantes al medio ambiente (LIFE 3.0 - LIFE21-ENV-ES-LIFE-ANHIDRA/101074372, s. f.).

Estos proyectos reflejan la alineación de la investigación y la innovación españolas con las prioridades europeas en materia de economía circular, protección del medio acuático y sostenibilidad del sector textil, y contribuyen a la transferencia de soluciones prácticas y buenas prácticas al contexto industrial y territorial español.

13.42. Estudio de casos

En el contexto español, se han desarrollado en los últimos años iniciativas aplicadas y experiencias piloto orientadas a la reducción y mitigación de los microplásticos en el ámbito del agua y del sector textil. Estos casos de estudio reflejan la implementación práctica de soluciones tecnológicas, industriales y municipales, así como la colaboración entre empresas, operadores de infraestructuras y administraciones públicas. El análisis de estos casos permite identificar medidas concretas, resultados cuantificables y lecciones aprendidas, contribuyendo a la transferencia de buenas prácticas y a la replicabilidad de soluciones en otros contextos nacionales y europeos.

13.42.1. CAPTOPLASTIC - Tecnologías de filtración para la reducción de microplásticos

Contexto

CAPTOPLASTIC es una empresa española, con sede en Madrid y creada en 2020, especializada en el desarrollo de soluciones de identificación, captación y eliminación de microplásticos de medios acuosos. Sus tecnologías están diseñadas para aplicarse en distintas instalaciones como plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR), plantas de tratamiento de agua potable, plantas

embotelladoras de agua, plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria del plástico y de teñido textil, plantas de reciclaje, eliminación de fibras textiles en agua, la industria de cuidado personal, etc.

La empresa opera en el ámbito de la prevención y mitigación de la contaminación por microplásticos, ofreciendo soluciones técnicas orientadas a complementar las infraestructuras existentes y mejorar la eficiencia global de retención de estos antes de su liberación al medio ambiente (CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L Esta tecnología permite eliminar los microplásticos de los medios acuosos, s. f.-b).

Problema identificado

La creciente presencia de microplásticos en las aguas residuales y en los efluentes tratados constituye un desafío ambiental significativo. Los sistemas convencionales de tratamiento de aguas no están diseñados específicamente para la captura de microplásticos, lo que limita su eficacia frente a partículas de reducido tamaño y comportamiento complejo, como las microfibras.

La ausencia de soluciones tecnológicas específicas, fácilmente integrables en infraestructuras existentes y adaptables a diferentes contextos operativos, ha contribuido a la persistencia de microplásticos en el medio acuático. Este escenario, unido al aumento de la preocupación científica, social y regulatoria, ha puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar tecnologías de filtración dedicadas a la mitigación de microplásticos.

Intervención implementada

CAPTOPLASTIC ha desarrollado una tecnología de captura continua de microplásticos diseñada para integrarse en corrientes de agua controladas, como las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), sin alterar el estado natural del agua ni interferir con los procesos existentes. La solución actúa como una medida complementaria a los tratamientos convencionales para mejorar la retención de microplásticos.

La tecnología se basa en una técnica de aglomeración, mediante la introducción de un captador funcional que se asocia físicamente con los microplásticos presentes en el agua, formando agregados que pueden ser separados de forma selectiva mediante magnetismo. Esta separación se realiza antes de que las partículas alcancen la línea de fangos, evitando su transferencia a esta fase del proceso, donde habitualmente se concentran. El sistema opera de forma continua, lo que permite el tratamiento eficiente de grandes caudales de agua.

Los agregados recuperados permiten la identificación y cuantificación de los microplásticos capturados. El captador puede ser regenerado y reutilizado en múltiples ciclos, alineando la solución con un enfoque de residuo cero.

Resultados cuantitativos

De acuerdo con la información técnica y los ensayos piloto realizados por CAPTOPLASTIC, los sistemas desarrollados pueden alcanzar eficiencias de retención de microplásticos superiores al 80–90 %, en función del caudal tratado, el punto de instalación y la configuración del sistema.

La tecnología ha sido validada en instalaciones a escala planta de hasta 100.000 L/h y se encuentra durante el 2025 en fase de escalado hacia capacidades del orden de 1.250.000 L/h (TECNOLOGÍA DE

CAPTURA – CAPTOPLASTIC, s. f.). En aplicaciones en EDAR, estos sistemas permiten mejorar la eficiencia global de retención de microplásticos respecto a los tratamientos convencionales, contribuyendo a la reducción de la carga de partículas plásticas en los efluentes tratados. La cuantificación exacta del impacto anual depende de las condiciones específicas de cada instalación y continúa siendo objeto de validación en entornos demostrativos.

Participación de partes interesadas

La tecnología desarrollada por CAPTOPLASTIC ha sido impulsada y validada en colaboración con actores clave del sector del agua y la innovación, orientando la solución hacia aplicaciones reales en infraestructuras de tratamiento. La empresa ha establecido acuerdos con operadores públicos del ciclo integral del agua, destacando el convenio con Canal de Isabel II para la construcción de una planta experimental en la EDAR de Arroyo del Soto (Móstoles), con una capacidad de 100.000 L/h. Así como pruebas en entornos operativos con Aguas de Burgos facilitando la integración de la tecnología en la línea de tratamiento de la EDAR de Villalonquéjar.

La toma de decisiones y el escalado tecnológico han estado respaldados por apoyo institucional y financiero, destacando la coinversión de CDTI Innovación (a través de SICC Invierte) junto con BeAble Invierte Kets Fund, con una aportación conjunta de 994.000 euros, destinada al desarrollo de tecnologías avanzadas para la detección y eliminación de microplásticos en aguas residuales. Este respaldo ha contribuido a consolidar la solución como una tecnología de residuo cero, aplicable en EDAR y EDARI, y apoyada por un portfolio de 10 patentes y un equipo multidisciplinar.

Los avances y resultados se han difundido a través de medios especializados y eventos sectoriales. El reconocimiento externo incluye el premio a la Mejor Startup en Acciones de Sostenibilidad 2025, la selección como finalista en los Premios SantanderX España 2025 y el primer premio en los Premios Global eAward 2021 de NTT DATA Fundación, consolidando a Captoplastic como un referente tecnológico español en la lucha contra la contaminación por microplásticos (CAPTOPLASTIC, s. f.).

Lecciones aprendidas

La experiencia de CAPTOPLASTIC confirma que la filtración específica de microplásticos, integrada mediante sistemas modulares, es una solución eficaz para complementar los tratamientos convencionales de aguas residuales. La separación asistida por magnetismo permite retirar los microplásticos antes de su transferencia a la línea de fango, evitando su acumulación, mientras que la validación en condiciones reales y la disponibilidad de datos cuantitativos resultan esenciales para el escalado y la adopción de la tecnología.

Información de contacto

- Web: <https://captoplastic.com/es/>
- Contacto: info@captoplastic.com

13.42.2. E- μ plast - Soluciones ambientales para la reducción de microplásticos en la industria textil

Contexto

El proyecto E- μ plast. Soluciones Ambientales ha sido desarrollado por AITEX, centro tecnológico de referencia del sector textil en España y uno de los principales institutos europeos especializados en investigación aplicada, transferencia tecnológica e innovación industrial. AITEX cuenta con una amplia trayectoria de colaboración con empresas textiles, administraciones públicas y organismos de financiación, actuando como puente entre la investigación científica y la aplicación industrial real.

AITEX dispone de infraestructuras piloto, laboratorios acreditados y capacidad técnica para el análisis de materiales textiles, procesos productivos, gestión de efluentes y evaluación ambiental, lo que le permite abordar problemáticas complejas del sector desde un enfoque integral. En este contexto, el proyecto E- μ plast se concibe como una iniciativa de I+D aplicada, orientada a ofrecer soluciones prácticas y replicables frente a la problemática de los microplásticos generados a lo largo del ciclo de vida del textil.

El proyecto ha contado con financiación pública del IVACE, en el marco del Plan de Actividades de Carácter no Económico 2023, y se ha desarrollado en estrecha interacción con empresas del sector textil, del tratamiento de aguas y de otros sectores industriales. Su enfoque combina investigación experimental, validación cuantitativa y análisis de viabilidad industrial, abordando simultáneamente la gestión de lodos, el lavado de prendas y la reutilización de agua en procesos productivos (E- μ plast - SOLUCIONES MEDIOAMBIENTALES - AITEX, s. f.).

Problema identificado

Los microplásticos generados durante la producción y uso de textiles son retenidos en gran medida en las EDAR, pero se transfieren mayoritariamente a la línea de fango, lo que genera riesgos ambientales cuando estos lodos se destinan a usos agrícolas. Además, durante el lavado doméstico se produce una descarga continua de microplásticos cuya magnitud depende del tipo de tejido, del número de lavados y de los sistemas de captura utilizados.

Intervención implementada

El proyecto E- μ plast implementó tres líneas de intervención complementarias.

- En la primera, se evaluó la eliminación de microplásticos presentes en lodos de depuradora procedentes de efluentes de la industria textil mediante digestión anaerobia y vermicompostaje.
- En la segunda, se realizó la validación experimental de sistemas comerciales de captura de microplásticos durante el lavado doméstico, ensayando distintos dispositivos (bolas, bolsas y filtros) y detergentes sobre prendas de poliéster y algodón.
- En la tercera, se abordó la gestión integral del agua en la industria, incluyendo la reutilización de aguas depuradas, procesos de tintura con colorantes naturales y la eliminación de contaminantes mediante adsorción.

Resultados cuantitativos

Los resultados obtenidos aportan datos cuantitativos relevantes. En la línea de lodos, el vermicompostaje durante 56 días redujo la masa total de fango y permitió degradar aproximadamente el 80 % de las fibras naturales, aunque no mostró una degradación significativa de las fibras sintéticas; la concentración total de microplásticos pasó de 4.882 partículas/kg en el lodo crudo a 40.624 partículas/kg tras el vermicompostaje, debido a la fragmentación y efecto de concentración.

En la línea de lavado doméstico, se cuantificó la emisión de microplásticos en función del tipo de tejido, número de lavados, sistema de captura y detergente. La comparación entre distintos jabones mostró un aumento de la liberación de microplásticos en los primeros lavados, resultado una emisión de 0,032 g de microfibras por litro y kilo de tejido frente a un 0,009 g de microfibras tras el tercer lavado. El análisis de camisetas de algodón negras y blancas evidenció una mayor descarga en las prendas blancas con un porcentaje de pérdida de masa de tejido del 0,18 %, mientras que la camiseta negra se sitúa en una pérdida del 0,11 %. Los filtros específicos resultaron ser el método más eficaz para reducir la descarga tanto en poliéster como en algodón.

En la gestión del agua industrial, los procesos de adsorción permitieron reducir hasta un 80 % los polifenoles en salmueras residuales y demostraron la viabilidad de reutilizar agua depurada en procesos de tintura, con resultados dependientes del colorante utilizado (AITEX, 2023).

Participación de partes interesadas

El proyecto se desarrolló con la implicación de actores públicos y con una clara orientación hacia la transferencia de resultados al tejido industrial. La coordinación técnica fue realizada por AITEX, con financiación y seguimiento por parte de IVACE. Los resultados obtenidos despertaron el interés de empresas del sector textil e industrial, como INTERFABRICS, J. Moltó, Pascual y Bernabeu, Estampados Prato y Ondytec, así como de empresas del sector alimentario como Cándido Miró, especialmente en relación con la reutilización de lodos y aguas residuales y la aplicación de principios de economía circular. La implementación experimental y la monitorización de resultados fueron realizadas por el equipo técnico del proyecto, utilizando protocolos analíticos reproducibles y comparativos.

Lecciones aprendidas

E- μ plast pone de manifiesto que la gestión de los microplásticos requiere un enfoque integral, ya que los tratamientos convencionales permiten retirar estas partículas de la línea de agua, pero tienden a concentrarlas en otras fracciones del sistema, como el fango. Los resultados obtenidos evidencian que la eficacia de las medidas de mitigación durante el lavado depende de múltiples factores, como el tipo de tejido, el número de lavados, el detergente y el sistema de captura empleado, mostrando comportamientos muy diferentes según el caso. Asimismo, el proyecto subraya la importancia de disponer de datos cuantitativos y comparables para evaluar de forma objetiva la efectividad real de las soluciones, así como de adaptar las estrategias de reutilización de agua y gestión de residuos a las características específicas de cada proceso industrial.

Información de contacto

Más información sobre el Proyecto E- μ plast: <https://www.aitex.es/portfolio/e-%c2%b5plast-biorreactores-anaerobios-biogas-solucion-eliminacion-microplasticos-industriales/>

13.43. Principales retos y obstáculos

En España, la problemática de los microplásticos ha sido reconocida progresivamente por organismos públicos, centros de investigación y entidades reguladoras. No obstante, la adopción de medidas sistemáticas para su prevención y mitigación sigue enfrentándose a múltiples obstáculos. Estos retos se concentran principalmente en limitaciones técnicas y regulatorias, barreras económicas y de implementación, así como en factores sociales, educativos y de concienciación que condicionan la eficacia de las soluciones disponibles.

13.43.1. Retos técnicos y de infraestructura

Uno de los principales retos en España es la complejidad técnica asociada a la identificación, cuantificación y seguimiento de los microplásticos en diferentes matrices ambientales. Infraestructuras especializadas como el Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEDEX evidencian que la detección de microplásticos requiere equipamiento avanzado, personal altamente cualificado y protocolos analíticos complejos, lo que dificulta su aplicación de forma sistemática en redes de control ambiental (Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEDEX: evaluación ambiental | CEPYC - CEDEX, s. f.). A ello se suma que los tratamientos convencionales de aguas residuales no han sido diseñados específicamente para eliminar microplásticos, lo que limita su eficacia y genera incertidumbres sobre el destino final de estas partículas dentro del sistema.

Desde el punto de vista normativo, aunque la problemática de los microplásticos se recoge en marcos estratégicos generales, como la Estrategia Española de Economía Circular impulsada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, no existen todavía requisitos específicos, valores límite ni metodologías oficiales armonizadas para su control (Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción, s. f.). Esta falta de regulación concreta dificulta la adopción homogénea de medidas por parte de administraciones y operadores, y retrasa la implantación de soluciones tecnológicas a gran escala.

13.43.2. Barreras económicas y de implementación

Las barreras económicas representan otro desafío relevante, especialmente para las pequeñas y medianas empresas del sector textil y para los gestores de infraestructuras públicas. La incorporación de tecnologías avanzadas de detección, captura o tratamiento de microplásticos suele implicar costes adicionales de inversión y operación, sin que exista aún un marco claro de incentivos o retorno económico. Esta situación limita la replicabilidad de proyectos piloto y dificulta la transición desde experiencias experimentales hacia soluciones plenamente operativas y generalizadas.

Asimismo, la ausencia de obligaciones regulatorias específicas reduce la presión para invertir en este tipo de tecnologías, situando la mitigación de microplásticos en un plano secundario frente a otros requisitos ambientales ya consolidados.

13.43.3. Barreras sociales, educativas y de concienciación

Uno de los principales retos en España es la limitada concienciación social sobre las fuentes cotidianas de generación de microplásticos. Informes de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición señalan que, aunque la presencia de microplásticos en alimentos y agua potable es un tema emergente, el conocimiento sobre su origen sigue siendo parcial (AESAN, 2019). En particular, existe

una baja percepción de que el lavado doméstico de prendas textiles constituye una fuente relevante de liberación de microplásticos.

Esta falta de conocimiento, unida a la incertidumbre científica sobre los efectos en la salud, dificulta la adopción de comportamientos preventivos por parte de la ciudadanía. Asimismo, se identifican carencias en formación y recursos educativos específicos, tanto para consumidores como para profesionales del sector textil y de la gestión del agua, lo que limita la eficacia de las estrategias de prevención basadas en cambios de comportamiento.

13.44. Casos de éxito y mejores prácticas a nivel nacional

13.44.1. Tecnologías innovadoras

Tecnologías de detección y análisis de microplásticos

El proyecto BIOMICRO, liderado por AIMPLAS, constituye una de las principales innovaciones tecnológicas en este ámbito. Su objetivo es el desarrollo de patrones de referencia de nano y microplásticos que permitan estandarizar los métodos de análisis, mejorar la cuantificación y facilitar la evaluación toxicológica de estas partículas en diferentes matrices ambientales (Aimplas lidera el proyecto Biomicro para elaborar patrones de nano y microplásticos - Reciclaje y gestión de residuos, s. f.). Este avance resulta clave para que empresas y administraciones puedan identificar fuentes de microplásticos y reducir su generación.

Innovación textil para la reducción de microfibras

En el sector textil destacan varios proyectos de I+D+i orientados a minimizar el desprendimiento de microfibras sintéticas:

- FIBERCLEAN™, impulsado por Textil Santanderina, desarrolla soluciones basadas en el ecodiseño textil y tecnologías de filtración, incorporando ensayos científicos para medir la emisión de microfibras durante la producción, el uso y el lavado de prendas (Proyectos I+D – Santanderina Group, s. f.).
- FIBERPROOF, desarrollado por Techs, se centra en la creación de tejidos resistentes a la fibrilación, reduciendo así una de las principales causas de liberación de microfibras, con beneficios adicionales en el consumo de agua y energía (Proyectos I+D – Techs, s. f.).
- INTESBIOCOM, promovido por Santanderina Group, investiga fibras biobasadas y compostables como alternativa a materiales sintéticos convencionales, contribuyendo indirectamente a la reducción de microplásticos textiles (Proyectos I+D – Santanderina Group, s. f.).

Innovación en materias circulares

La startup Economía Circular REACT, apoyada por el programa Mares Circulares, ha desarrollado planchas de plástico fabricadas con hasta un 50 % de residuos marinos, reutilizadas en mobiliario y productos urbanos, lo que supone un ejemplo de innovación aplicada a la valorización de residuos marinos (Mares Circulares, s. f.).

13.44.2. Iniciativas nacionales e iniciativas empresariales

Este apartado recoge tanto las iniciativas empresariales como las políticas públicas nacionales que fomentan la economía circular y la reducción del plástico marino.

Iniciativas empresariales

En el ámbito empresarial destacan diversas compañías que integran residuos marinos en sus cadenas de valor:

- Ecoalf utiliza residuos marinos y otros materiales reciclados para fabricar prendas textiles, siendo un referente internacional en moda sostenible y economía circular (Materiales | ECOALF, s. f.)
- Gravity Wave colabora con pescadores y puertos para retirar plásticos del Mediterráneo y transformarlos en nuevos materiales industriales, trabajando con más de 200 empresas (Gravity Wave, s. f.).
- The Running Republic fabrica ropa deportiva con un elevado porcentaje de tejidos reciclados procedentes de botellas de plástico y residuos marinos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Proyectos emprendedores que intentan devolver la vida al mar, s. f.).
- Now-Then produce bañadores ecológicos utilizando ECONYL®, un nylon regenerado a partir de redes de pesca abandonadas y otros residuos marinos (Proyectos Emprendedores Que Intentan Devolver La Vida al Mar, n.d.).
- Sea2see fabrica gafas a partir de plásticos recuperados de playas y puertos españoles en colaboración con cofradías de pescadores (Proyectos emprendedores que intentan devolver la vida al mar, s. f.).

Iniciativas nacionales de financiación pública

Las políticas públicas juegan un papel clave en el impulso de estas iniciativas:

- El PERTE de Economía Circular – Textil ha financiado 37 proyectos con 30,5 millones de euros, apoyando el ecodiseño, el reciclaje y la sustitución de fibras sintéticas (El MITECO impulsa la circularidad en el sector textil con ayudas por valor de 30,5 millones, s. f.).
- El PERTE de Economía Circular – Plásticos ha destinado 154,5 millones de euros a 125 proyectos centrados en la gestión de residuos plásticos, con impacto indirecto en la reducción de microplásticos textiles (El MITECO impulsa la circularidad en el sector del plástico con ayudas por valor de 151 millones, s. f.).

13.44.3. Certificaciones o programas voluntarios

Aunque no se abordan certificaciones formales específicas, se identifican programas voluntarios y sistemas de referencia relevantes:

- ECONYL® es un sistema voluntario de regeneración de nylon a partir de residuos marinos y textiles, utilizado por marcas como Now-Then para reducir el uso de materias primas vírgenes (Proyectos Emprendedores Que Intentan Devolver La Vida al Mar, n.d.).
- Mares Circulares, impulsado por Coca-Cola Europacific Partners, promueve la limpieza de entornos acuáticos, el reciclaje y el apoyo a proyectos de economía circular como Economía Circular REACT (Mares Circulares, s. f.).

- Proyecto LIBERA, desarrollado por SEO/BirdLife y Ecoembes, actúa como marco voluntario de prevención de la basuraleza y generación de conocimiento científico (Web Microplásticos LIBERA 2023 - Proyecto LIBERA, n.d.).

13.44.4. Asociaciones o proyectos exitosos

Las alianzas multisectoriales han demostrado ser especialmente eficaces en la lucha contra el plástico marino y los microplásticos.

- La Plataforma MICRO, desarrollada por la Asociación HyT junto al Proyecto LIBERA, constituye el mayor repositorio nacional de estudios sobre microplásticos, integrando universidades, centros tecnológicos, ONG y administraciones públicas (Web Microplásticos LIBERA 2023 - Proyecto LIBERA, n.d.).
- El proyecto BIOMICRO destaca como ejemplo de colaboración público-privada entre centros tecnológicos y empresas para la transferencia de conocimiento científico al sector productivo (Aimplas lidera el proyecto Biomicro para elaborar patrones de nano y microplásticos - Reciclaje y gestión de residuos, s. f.).
- FIBERCLEAN™ es un caso exitoso de cooperación entre fabricantes textiles, centros tecnológicos, universidades y agentes del sector del lavado y depuración (Proyectos I+D – Santanderina Group, n.d.).
- Las alianzas entre Gravity Wave, Sea2see y cofradías de pescadores han permitido retirar residuos directamente del medio marino y reincorporarlos a cadenas de valor industriales, combinando impacto ambiental y desarrollo local (Gravity Wave, n.d.).

13.45. Políticas nacionales y marco regulatorio

13.45.1. Normativa nacional relacionada con microplásticos

En España, actualmente no existe una normativa específica dedicada exclusivamente a los microplásticos o a las microfibras textiles. No obstante, podemos encontrar legislación que aborda de forma indirecta la contaminación por microplásticos a través de un conjunto de leyes y estrategias nacionales en materia de residuos, economía circular, protección del medio marino y aguas residuales, que establecen un marco regulatorio relevante para la prevención y reducción de la liberación de microplásticos.

La Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, transpone diversas directivas europeas y establece medidas orientadas a la prevención de residuos, el fomento de la reutilización y el reciclaje, así como la reducción del impacto ambiental de los productos a lo largo de su ciclo de vida. Aunque no menciona explícitamente las microfibras textiles, introduce principios como la jerarquía de residuos, el ecodiseño y la responsabilidad ampliada del productor (RAP), que son la base para abordar la problemática de los microplásticos desde un enfoque preventivo (Spain, 2022).

Asimismo, la Ley 41/2010, de protección del medio marino, que establece un marco para la prevención y reducción de la contaminación marina, incluyendo la contaminación por basuras marinas, dentro de la cual los microplásticos y microfibras textiles han sido identificados como contaminantes emergentes

de especial preocupación. Esta ley, se articula a través de estrategias marinas que incorporan el seguimiento y evaluación del estado ambiental de los mares españoles (Spain, 2010).

En relación con las aguas residuales, encontramos la normativa que regula el tratamiento de aguas urbanas e industriales, dado que las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) actúan como punto de control, pero también como posible vía de transferencia de microfibras al medio acuático y a los lodos de depuración (de Publicaciones de la Unión Europea & Luxemburgo, s. f.; Página, s. f.). Aunque la legislación vigente no establece límites específicos para microplásticos, sí promueve la mejora progresiva de los sistemas de tratamiento y la protección de las masas de agua receptoras.

13.45.2. Alineación con la legislación de la UE

La legislación y las políticas españolas en materia de microplásticos y textiles se encuentran estrechamente alineadas con el marco normativo de la Unión Europea, que en los últimos años ha intensificado sus esfuerzos para abordar la contaminación por microplásticos desde una perspectiva integral y preventiva.

Uno de los instrumentos clave es el Reglamento REACH, que ha introducido restricciones a la comercialización y uso de microplásticos añadidos intencionadamente en productos (European Commission, 2023). Aunque esta restricción no se aplica directamente a las microfibras liberadas por los textiles, establece un precedente regulatorio relevante y refuerza el enfoque europeo de reducción de emisiones de microplásticos en origen (European Chemicals Agency, 2019).

Por otro lado, la Estrategia de la UE para los Textiles Sostenibles y Circulares sitúa la problemática de las microfibras textiles como una prioridad ambiental, promoviendo medidas como el ecodiseño, el aumento de la durabilidad de los productos textiles, la reducción de la liberación de microfibras durante el uso y el desarrollo de soluciones tecnológicas, como filtros para lavadoras. España, como Estado miembro, ha alineado sus políticas nacionales con estos objetivos estratégicos (European Commission, 2022).

Asimismo, la revisión de la Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas refuerza el papel de las EDAR en la eliminación de contaminantes emergentes, incluidos los microplásticos, lo que tendrá implicaciones directas para la gestión de las microfibras textiles liberadas durante el lavado doméstico e industrial. La futura transposición de esta directiva al ordenamiento jurídico español reforzará los requisitos técnicos y de control en este ámbito (European Commission, 2022).

En el contexto actual, el marco normativo español refleja una coherencia progresiva con las políticas europeas, adoptando un enfoque basado en la prevención, la economía circular y la responsabilidad compartida entre productores, administraciones públicas y consumidores.

13.45.3. Planes estratégicos, incentivos y programas

España ha desarrollado diversos planes estratégicos y programas de apoyo que, aunque no están centrados exclusivamente en los microplásticos, contribuyen de forma indirecta a su reducción, especialmente en el sector textil.

La Estrategia Española de Economía Circular – España Circular 2030 establece objetivos orientados a reducir la generación de residuos, mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y fomentar modelos

de producción y consumo más sostenibles. En el ámbito textil, esta estrategia promueve el ecodiseño, el aumento de la vida útil de los productos y el desarrollo de sistemas de recogida y reciclaje más eficaces (Gobierno de España, 2020).

Asimismo, los PERTE vinculados a la economía circular y a la descarbonización industrial incluyen líneas de financiación destinadas a la innovación tecnológica, la mejora de procesos industriales y el desarrollo de nuevos materiales, lo que puede contribuir a la reducción de la liberación de microfibras en las fases de producción y uso (Gobierno de España, 2020; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.).

Estos instrumentos se complementan con programas de financiación gestionados por organismos como el CDTI, orientados a la I+D+i en sostenibilidad, materiales avanzados y tecnologías de tratamiento de aguas (EECTI, 2021).

13.45.4. Actividades nacionales de normalización

En el ámbito de la normalización, España participa activamente a través de la Asociación Española de Normalización (UNE) en los trabajos de normalización europeos e internacionales relacionados con textiles, sostenibilidad y medio ambiente (Asociación española de Normalización, 2024).

Los comités técnicos de UNE participan en el desarrollo de normas CEN e ISO relacionadas con:

- Métodos de ensayo para la caracterización de microplásticos.
- Evaluación del impacto ambiental de productos textiles.
- Criterios de ecodiseño y durabilidad.
- Requisitos de sostenibilidad y circularidad en el sector textil.

Aunque todavía no existen normas específicas ampliamente implantadas para la medición estandarizada de la liberación de microfibras textiles, la participación española en estos procesos de normalización resulta clave para garantizar la futura aplicación homogénea de metodologías de medición, control y reducción de microplásticos, en coherencia con el marco regulatorio europeo.

13.46. Necesidades de formación y propuestas educativas

13.46.1. Necesidades de formación y propuestas educativas

En el contexto español, se identifican diversas brechas de conocimiento y competencias relacionadas con la prevención y gestión de los microplásticos en el sector textil, que afectan tanto al ámbito industrial como al académico y profesional:

- Conocimiento limitado sobre la generación de microfibras a lo largo del ciclo de vida del textil, especialmente en fases de diseño, fabricación, lavado y fin de vida.
- Falta de formación específica en ecodiseño textil orientado a la reducción de microfibras, incluyendo selección de materiales, estructuras de tejido y acabados de bajo desprendimiento.
- Necesidad de reforzar la capacitación técnica en métodos de medición y monitorización de microplásticos, tanto en entornos industriales como en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

- Limitada disponibilidad de perfiles profesionales con formación integrada que combine conocimientos de ingeniería textil, tratamiento de aguas, química ambiental y economía circular.
- Limitada transferencia de conocimiento entre el ámbito investigador y la industria, especialmente en pymes textiles, predominantes en el tejido empresarial español.

13.46.2. Recomendaciones para la integración curricular y la formación profesional

10.2.1. Necesidades de las instituciones de educación superior (HEIs) y de la formación profesional

Para abordar los retos identificados, resulta necesario reforzar la oferta formativa de universidades y centros de formación profesional en España mediante:

- La incorporación de contenidos específicos sobre microplásticos y microfibras textiles en titulaciones como Ingeniería Textil, Ingeniería Química, Ciencias Ambientales, Ingeniería Ambiental, Diseño de Moda y Tecnología de Materiales.
- El desarrollo de módulos formativos en ciclos de Formación Profesional relacionados con producción textil, mantenimiento industrial, tratamiento de aguas y gestión de residuos, con enfoque práctico.
- La actualización de los planes de estudio para integrar los requisitos regulatorios europeos (REACH, Estrategia de Textiles Sostenibles, Directiva de Aguas residuales Urbanas) y su aplicación al contexto español.
- El fortalecimiento de la formación interdisciplinar, combinando conocimientos técnicos, ambientales y normativos.

Contenidos formativos recomendados

Se recomienda que los programas formativos incluyan, entre otros, los siguientes contenidos:

- Fundamentos sobre microplásticos: tipologías, fuentes y comportamiento ambiental.
- Microfibras textiles: mecanismos de liberación, factores de influencia y cuantificación.
- Ecodiseño y diseño de producto orientado a la reducción de microfibras.
- Procesos textiles sostenibles y tecnologías de acabado de bajo impacto.
- Tecnologías de tratamiento de aguas aplicables a la retención de microplásticos.
- Métodos analíticos y de monitorización de microplásticos.
- Economía circular aplicada al sector textil y gestión de residuos textiles.
- Marco normativo europeo y nacional relevante para microplásticos y textiles.

Sugerencias para el desarrollo curricular

Para una integración efectiva de estos contenidos en el sistema educativo español, se proponen las siguientes acciones:

- Desarrollo de asignaturas optativas o módulos específicos sobre microplásticos en grados y másteres existentes.
- Creación de programas de formación continua y cursos de especialización dirigidos a profesionales del sector textil y del ciclo del agua.

- Promoción de trabajos fin de grado (TFG) y fin de máster (TFM) centrados en microfibras textiles y soluciones de mitigación.
- Fomento de aprendizaje basado en proyectos en colaboración con empresas y centros tecnológico.

Oportunidades y recomendaciones para la formación del profesorado

Para garantizar una formación de calidad, es fundamental reforzar las competencias del personal docente mediante:

- Programas de formación específica para docentes en microplásticos, sostenibilidad textil y economía circular.
- Acceso a materiales didácticos actualizados, estudios de caso y resultados de proyectos europeos.
- Estancias de corta duración de profesorado en centros tecnológicos y empresas del sector textil o del tratamiento de aguas.
- Creación de redes de intercambio entre universidades, centros de FP y centros tecnológicos españoles.

Oportunidades de integración con WP2 del Proyecto MicroWeave-TEX

El contenido y las conclusiones de este informe nacional pueden servir como referencia de contexto para las actividades del WP2, aportando una visión específica de la situación española en relación con los microplásticos y el sector textil. La información recopilada sobre fuentes de emisión, soluciones técnicas, marco normativo y experiencias existentes puede apoyar la identificación de necesidades formativas y brechas de conocimiento que aborda este paquete de trabajo.

Asimismo, el informe puede facilitar la adaptación de los resultados del WP2 al contexto nacional, contribuyendo a que los contenidos formativos y las propuestas educativas reflejen mejor la realidad del tejido industrial, del sistema educativo y de los retos ambientales en España. Esta conexión favorece una mayor coherencia entre el análisis de necesidades, el diseño de los materiales formativos y su aplicación práctica.

13.47. Conclusiones

13.47.1. Principales conclusiones y estado del arte de España

El análisis del estado del arte en España pone de manifiesto que la contaminación por microplásticos, y en particular por microfibras textiles, constituye un reto ambiental emergente de gran importancia para el sector textil y para la gestión del medio acuático. La evidencia científica disponible confirma que las microfibras sintéticas representan una fracción mayoritaria de los microplásticos detectados en aguas residuales, ecosistemas acuáticos y lodos de depuración, siendo la fase de uso de los productos textiles, especialmente el lavado doméstico, una de las más importantes fuentes de liberación.

España cuenta con una base científica y técnica sólida en este ámbito, sustentada por la actividad de universidades, centros tecnológicos y organismos públicos de investigación, así como por una participación activa en proyectos europeos de I+D+i. Estas iniciativas han permitido avanzar en la identificación de fuentes de emisión, en la caracterización de microfibras y en el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas tanto a la prevención en origen como a la captura y eliminación en los sistemas de tratamiento de aguas.

No obstante, el informe evidencia que la implantación de soluciones a gran escala sigue siendo limitada. Persisten barreras técnicas, económicas y regulatorias, especialmente en un sector textil dominado por pequeñas y medianas empresas con capacidad limitada para invertir en innovación. Asimismo, la ausencia de una normativa específica sobre microfibras textiles y la falta de metodologías armonizadas de medición dificultan la adopción sistemática de medidas preventivas y de control.

En este contexto, la reducción efectiva de la liberación de microplásticos textiles en España requiere un enfoque integral basado en la prevención en origen, el ecodiseño, la innovación tecnológica, la mejora de los sistemas de tratamiento y la formación de los distintos agentes implicados a lo largo de la cadena de valor.

13.47.2. Recomendaciones y acciones prioritarias

Instituciones de educación superior (IES)

Las instituciones de educación superior tienen un papel fundamental en la formación de profesionales capacitados para abordar la problemática de los microplásticos desde un enfoque multidisciplinar. Para ello, resulta prioritario integrar contenidos específicos sobre microplásticos y microfibras textiles en las titulaciones relacionadas, reforzar la formación en ecodiseño orientado a la reducción de emisiones, promover programas de especialización y formación continua, y fomentar la investigación aplicada y la colaboración universidad-empresa. Asimismo, es fundamental impulsar la transferencia de conocimiento y la difusión de resultados científicos hacia la industria y las administraciones públicas.

Industria textil y sectores asociados

La industria textil española interviene de manera directa en la generación de microfibras, especialmente en las etapas de diseño y producción de los productos. La incorporación de criterios de ecodiseño y durabilidad, junto con la optimización de los procesos productivos y de acabado, permite reducir el desprendimiento de fibras y la carga de microfibras en los efluentes industriales. Asimismo, el uso de soluciones tecnológicas de captura de microfibras, tanto en el ámbito industrial como en colaboración con otros sectores, y la participación en iniciativas colaborativas y proyectos piloto contribuyen a avanzar en la mitigación del impacto ambiental asociado. Estas actuaciones pueden integrarse dentro de las estrategias de sostenibilidad empresarial y de los sistemas de responsabilidad ampliada del productor.

Responsables públicos y decisores políticos

Las administraciones públicas influyen en la prevención y gestión de los microplásticos textiles a través del marco normativo, los instrumentos de planificación y los mecanismos de apoyo existentes. El desarrollo de regulaciones alineadas con el contexto europeo, la promoción de metodologías

armonizadas para la medición y seguimiento de microplásticos, y el establecimiento de programas de apoyo a la adopción de soluciones tecnológicas facilitan una aplicación más homogénea de las medidas de mitigación. De forma complementaria, la incorporación de esta problemática en las políticas de economía circular, gestión de residuos y protección del medio marino, junto con acciones de información y sensibilización dirigidas a la ciudadanía y a los agentes implicados, contribuye a una respuesta coordinada a nivel nacional.

13.47.3. Consideraciones finales

En resumen, España dispone de un nivel de conocimiento y de capacidades técnicas suficientes para abordar la problemática de los microplásticos textiles. Sin embargo, la aplicación efectiva de las soluciones existentes depende en gran medida de la coordinación entre universidades, industria y administraciones públicas, así como de la adopción de enfoques centrados en la prevención en origen, la mejora de los procesos y la formación. Este informe ofrece una visión de conjunto que puede servir de apoyo para orientar futuras actuaciones y acompañar la evolución del sector textil español hacia modelos de producción más sostenibles y alineados con las políticas ambientales europeas.

13.48. Referencias

- 251007_informe-economico-de-la-moda-en-espana-2025. (2025). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://consejointertextil.com/wp-content/uploads/2025/10/251007_informe-economico-de-la-moda-en-espana-2025.pdf
- AESAN. (2019). Informe sobre la presencia y la seguridad de los plásticos como contaminantes en los alimentos. *Revista Del Comité Científico No 30*.
- Aimplas lidera el proyecto Biomicro para elaborar patrones de nano y microplásticos - Reciclaje y gestión de residuos. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.interempresas.net/Reciclaje/560397-Aimplas-Instituto-Tecnologico-Plastico-lidera-proyecto-Biomicro-elaborar-patrones-nano.html>
- AITEX. (2023). *E- μ plast SOLUCIONES AMBIENTALES*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.aitex.es/wp-content/uploads/2023/05/Informe_resultados_E-%C2%B5plast.pdf
- Asociación española de Normalización. (2024). *Normas de apoyo a la economía circular*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.une.org/normalizacion_documentos/Apoyo_normas_eco_circul-2024.pdf
- BlueWWater | Control, tratamiento y reducción de microplásticos y contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y en el medio costero transfronterizo. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://bluewwater.eu/>
- Briefing-textiles-in-europe-s-circular-economy. (2019). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/raque/Downloads/Briefing-textiles-in-europe-s-circular-economy.pdf
- CAPTOPLASTIC. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/noticias/>

- CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L technology can remove microplastics from the aqueous media. (n.d.-a).*
Retrieved 21 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/>
- CAPTOPLASTIC – CAPTOPLASTIC, S.L technology can remove microplastics from the aqueous media. (n.d.-b).*
Retrieved 26 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/>
- Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002>
- Centro de Información Textil y de la Confección-CITYC. (2025). *Datos Generales Industria Textil Española.*
- Cesa, F. S., Turra, A., Checon, H. H., Leonardi, B., & Baroque-Ramos, J. (2020). Laundering and textile parameters influence fibers release in household washings. *Environmental Pollution*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113553>
- Circular solution for the textile industry. (n.d.).* Retrieved 21 December 2025, from <https://glaukos-project.eu/>
- Commission, E. (2022). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council concerning urban wastewater treatment (recast). *Official Journal of the European Union*, 345.
- De Falco, F., Cocca, M., Avella, M., & Thompson, R. C. (2020). Microfiber Release to Water, Via Laundering, and to Air, via Everyday Use: A Comparison between Polyester Clothing with Differing Textile Parameters. *Environmental Science and Technology*, 54(6). <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06892>
- de Publicaciones de la Unión Europea, O., & Luxemburgo, L. (n.d.). *Directiva (UE) 2024/3019 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre de 2024, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, (versión refundida) (Texto pertinente a efectos del EEE).* <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj>
<http://data.europa.eu/eli/C/2023/250/oj>
- Delgado Fimia, O. (2019). *Implicaciones de la exposición a microplásticos en salud humana. Detectan concentraciones “excepcionalmente altas” de microplásticos en las Islas Columbretes | Consejo Superior de Investigaciones Científicas.* (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/detectan-concentraciones-excepcionalmente-altas-de-microplasticos-en-las-islas-columbretes?utm_source=chatgpt.com
- Duch, J. (2024). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente | Noticias | Parlamento Europeo. *Parlamento Europeo.*
- EECTI. (2021). Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027. *Ministerio de Ciencia e Innovación.*
- EFFITEX, una solución eficiente para la eliminación de microplásticos en la industria textil - Agua. (n.d.).* Retrieved 21 December 2025, from <https://www.interempresas.net/Agua/383837-EFFITEX-solucion-eficiente-para-eliminacion-de-microplasticos-en-industria-textil.html>
- El MITECO impulsa la circularidad en el sector del plástico con ayudas por valor de 151 millones. (n.d.).* Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/octubre/el-miteco-impulsa-la-circularidad-en-el-sector-del-plastico-con-.html>

- El MITECO impulsa la circularidad en el sector textil con ayudas por valor de 30,5 millones.* (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2025/septiembre/el-miteco-impulsa-la-circularidad-en-el-sector-textil-con-ayudas.html>
- E-MICROPLAST 2025 - SOLUCIONES AMBIENTALES III - Aitex.* (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from https://www.aitex.es/portfolio/e-microplast-2025-soluciones-ambientales/?utm_source=chatgpt.com
- Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción.* (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia.html>
- European Chemicals Agency. (2019). Annex XV restriction report proposal for a restriction - microplastics. *Version 1.2, 22 August 2019, August.*
- European Commission. (2004). *Study on the implications of the 2005 trade liberalization in the textile and clothing sector.*
- European Commission. (2022). EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles. *Document 52021DC0573.*
- European Commission. (2023). COMMISSION REGULATION (EU) 2023/2055 of 25 September 2023. In *Official Journal of the European Union: Vol. L (Issue 238).*
- E-μplast - SOLUCIONES MEDIOAMBIENTALES - Aitex.* (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.aitex.es/portfolio/e-%C2%B5plast-biorreactores-anaerobios-biogas-solucion-eliminacion-microplasticos-industriales/>
- Filgueiras, A. V., Gago, J., Campillo, J. A., & León, V. M. (2019). Microplastic distribution in surface sediments along the Spanish Mediterranean continental shelf. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21). <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05341-5>
- García-Haba, E., Benito-Kaesbach, A., Hernández-Crespo, C., Sanz-Lazaro, C., Martín, M., & Andrés-Doménech, I. (2024). Removal and fate of microplastics in permeable pavements: An experimental layer-by-layer analysis. *Science of the Total Environment*, 929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172627>
- Gobierno de España. (2020). *Estrategia Española de Economía Circular ESPAÑA CIRCULAR 2030 Por un #FuturoSostenible.* www.miteco.es
- Godoy Calero, V. (2021). *Origen, caracterización e impacto de los microplásticos presentes en el medioambiente. Aplicación a la provincia de Granada (España).* <http://hdl.handle.net/10481/69067>
- Gravity Wave. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.thegravitywave.com/>
- Inditex y Jeanologia se alían para recuperar microfibras en la producción de prendas textiles.* (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.eleconomista.es/retail-consumo/noticias/12315576/06/23/inditex-y-jeanologia-se-alian-para-recuperar-microfibras-en-la-produccion-de-prendas-textiles.html>

- Instituto Nacional de Estadística. (2023). *Estadística estructural de empresas: Sector industrial*.
<https://www.ine.es/dyngs/Prensa/EEESI2023.htm>
- Laboratorio de Calidad del Medio Marino del CEDEX: *evaluación ambiental | CEPYC - CEDEX*. (n.d.). Retrieved
26 December 2025, from <https://www.cedex.es/centros-laboratorios/centro-de-estudios-de-puertos-y-costas-cepyc/equipamientos/laboratorio-de-0>
- Lanz, I. E., Laborda, E., Chaine, C., & Blecua, M. (2024). A Mapping of Textile Waste Recycling Technologies
in Europe and Spain. In *Textiles* (Vol. 4, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/textiles4030022>
- LIFE 3.0 - LIFE21-ENV-ES-LIFE-ANHIDRA/101074372. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from
<https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE21-ENV-ES-LIFE-ANHIDRA-101074372/unique-and-sustainable-system-for-producing-garments-without-water-discharges>
- Life-Phoenix. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.life-phoenix.eu/>
- López-Castellanos, J., Olmos Espinar, S., & Bernal, J. B. (2020). *Artículo Técnico*. www.tecnoaqua.es
- Los microplásticos, más allá de los pellets - Campus de Gandia Ciencia - UPV Universitat Politècnica de
València. (n.d.). Retrieved 18 December 2025, from
https://cienciagandia.webs.upv.es/2024/01/microplasticos-mas-alla-pellets/?utm_source=chatgpt.com
- Luzi, B., Carnevale Miino, M., Rada, E. C., Zullo, R., Baltrocchi, A. P. D., Torretta, V., & Galafassi, S. (2025).
Critical review of microfiber release from textiles: Results, comparative challenges, mitigation
strategies, and legislative perspectives. *Chemosphere*, 378.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2025.144394>
- Mares Circulares. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.cocacolaep.com/es/mares-circulares/>
- Materiales | ECOALF. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://ecoalf.com/pages/materiales>
- Microplásticos, El Nuevo Reto Ambiental Del Sector Textil. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from
https://www.aitex.es/microplasticos/?utm_source=chatgpt.com
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (n.d.). *Proyecto Estratégico para la
Recuperación y Transformación Económica en Economía Circular*.
- MITERD. (2022). Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases. *Boletín
Oficial Del Estado*.
- Moral, M. J., & P. C. (2004). *El sector textil y confección en España ante un futuro incierto*.
- Nizzetto, L., Futter, M., & Langaas, S. (2016). Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin?
In *Environmental Science and Technology* (Vol. 50, Issue 20). <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04140>
- OCEAN YARN & ZERO MICROPLASTICS | ECOALF. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from
<https://ecoalf.com/pages/ocean-yarn-zero-microplastics?srsId=AfmBOoqtKCMIH-rZfHI-18Q5pIXd7zh1gRgxk-IWxL7Spl2Jr03EDunS>

- Olea, N. (n.d.). Impacto de los microplásticos en la salud humana. *Revista de Salud Ambiental, 24(Especial Congreso), 24, 74–77.*
- Página. (n.d.). *BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO LEGISLACIÓN CONSOLIDADA.*
- Pérez, E. M., Luísa, M., García, M., Ángeles, M., Aracil, B., & Candela, R. V. (2022). *Proceso foto-Fenton como una alternativa en la degradación de microplásticos de poliamida presentes en aguas residuales textiles.*
- PlastikHUM. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.udg.edu/ca/projectes/plastikhum>
- Proyectos emprendedores que intentan devolver la vida al mar. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/proyectos-basura-mar.html>
- Proyectos I+D – Santanderina Group. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://santanderinagroup.com/es/proyectos-id/>
- Proyectos I+D – Techs. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://www.techs.es/es/proyectos-id/>
- Ramírez, J. , A. L. , H. S. , L. E. , & F. S. (2019). Minimización de microfibras en ciclo de vida de los productos textiles y en el tratamiento de aguas residuales: Proyecto FiberClean. *Tecnoaqua, 36, 53–57.*
- Reciclar está de moda - Recuperación textil en Madrid - Ayuntamiento de Madrid. (n.d.). Retrieved 18 December 2025, from <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Latina/Reciclar-esta-de-moda/?vgnnextfmt=default&vgnnextoid=53d2eee2b72b5910VgnVCM1000001d4a900aRCRD&vgnnextchannel=a83aca5d5fb96010VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&idCapitulo=12726795>
- Shahul Hamid, F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P., & Periathamby, A. (2018). Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? In *Waste Management and Research* (Vol. 36, Issue 10). <https://doi.org/10.1177/0734242x18785730>
- Simon-Sánchez, L., Grelaud, M., Franci, M., & Ziveri, P. (2022). Are research methods shaping our understanding of microplastic pollution? A literature review on the seawater and sediment bodies of the Mediterranean Sea. In *Environmental Pollution* (Vol. 292). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118275>
- Sobre la Asociación - Gestión de Residuo Textil. (n.d.). Retrieved 18 December 2025, from <https://reviste.org/sobre-la-asociacion/>
- Sorigué instala una planta piloto en la EDAR de Quart para probar una nueva tecnología de tratamiento de aguas de bajo impacto ambiental | Sorigué. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.sorigue.com/es/sala-de-prensa/actualidad/sorigue-instala-una-planta-piloto-en-la-edar-de-quart-para-probar-una>
- Spain. (2010). Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino. *Boletín Oficial Del Estado.*
- Spain. (2022). Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. *Boletín Oficial Del Estado, 85.*

TECNOLOGÍA DE CAPTURA – CAPTOPLASTIC. (n.d.). Retrieved 26 December 2025, from <https://captoplastic.com/es/tecnologia-captura/>

Un estudio de la Cátedra Aguas de Valencia demuestra la alta capacidad de los humedales artificiales para retener y degradar microplásticos | SIECATEDRAS | UPV. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.upv.es/contenidos/siecatedras/2025/12/01/un-estudio-de-la-catedra-aguas-de-valencia-demuestra-la-alta-capacidad-de-los-humedales-artificiales-para-retener-y-degradar-microplasticos/>

Un proyecto pionero liderado por la UAB revela los riesgos de los micro- y nanoplásticos para la salud humana - Universitat Autònoma de Barcelona - UAB Barcelona. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.uab.cat/web/sala-de-prensa/detalle-noticia/un-proyecto-pionero-liderado-por-la-uab-revela-los-riesgos-de-los-micro-y-nanoplasticos-para-la-salud-humana-1345830290069.html?detid=1345948461434>

UPRISE: Análisis repercusiones partículas y microplásticos en salud fetal. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://itene.com/casos-de-exito/uprise-analisis-de-las-repercusiones-de-las-particulas-ultrafinas-y-los-microplasticos-nanometricos-en-la-salud-fetal/>

Upstream project - for waste free european rivers. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://upstream-project.eu/>

UPV: Un equipo de la UPV desarrolla una aplicación que identifica y cuantifica microfibras plásticas en aguas y lodos residuales con inteligencia artificial | Universitat Politècnica de València. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-14859-ia-contra-los-es.html>

UPV: Una investigación de la UPV y la UA revela la eficacia de los pavimentos permeables en la captura de microplásticos urbanos | Universitat Politècnica de València. (n.d.). Retrieved 21 December 2025, from <https://www.upv.es/noticias-upv/noticia-14784-pavimentos-ant-es.html>

Web microplásticos LIBERA 2023 - Proyecto LIBERA. (n.d.). Retrieved 27 December 2025, from <https://proyectorlibera.org/actualidad/nace-micro-la-primera-web-que-mapea-los-estudios-de-microplasticos-espanoles>

Weis, J. S., & De Falco, F. (2022). Microfibers: Environmental Problems and Textile Solutions. *Microplastics*, 1(4). <https://doi.org/10.3390/microplastics1040043>