

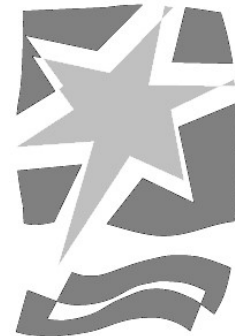
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Master en Eval. Amb. Ecosistemas marinos y Cost.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Microplásticos en el sector sur del Golfo de Valencia”

TRABAJO FINAL DE MASTER

Autor/a:

Núria Felis Reig

Tutor/a:

**Silvia Laura Falco Giaccaglia
Miguel Rodilla Alamá**

GANDIA, 2018

Agradecimientos

En primer lugar agradecer a mis directores Silvia Falco y Miguel Rodilla el esfuerzo dedicado a este proyecto, sobre todo durante el intenso muestreo que realizamos aprovechando las vacaciones de verano. Muchísimas gracias Silvia, por estar siempre pendiente del más mínimo detalle y por embarcarte conmigo en esta nueva línea de investigación, sin dudar ni un momento. A Miguel, que ha formado parte de todos mis años académicos, gracias, porque siempre has estado para prestarme tu ayuda tanto en el mundo académico como profesional, dándome ideas y resolviéndome problemas. Gracias Miguel, por apostar por mí para emprender este proyecto.

A Blanca Feliu, la patrona de la embarcación que durante el mes de agosto no dudó en levantarse al amanecer para llevar el timón durante las intensas jornadas de muestreo y prestar su ayuda en cualquier cosa que necesitáramos.

A mi familia, por la ayuda prestada para poder volver a estudiar, y en especial a Julio, por hacer mis proyectos los tuyos, por estar siempre dispuesto a prestar ayuda en lo que hiciese falta, por sus horas y esfuerzos en los muestreos, aportando ideas que mejoraban cada día los mismos. Gracias infinitas por ayudarme a conciliar los estudios con el cuidado de nuestro hijo.

Y finalmente, a Marc, porque no has hecho más que incrementarme las ganas de poder dejarte un mundo mejor.

RESUMEN

La contaminación plástica del medio marino es una realidad cada vez más alarmante. Se ha constatado la presencia de microplásticos en todos los océanos y mares del planeta. La situación del Mediterráneo como mar cerrado, no es muy distinta de puntos de acumulación plástica de los principales giros oceánicos de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico. Los impactos de la presencia de plástico en el medio marino no solo afecta a la macro fauna, sino que debido a la fragmentación de material plástico en partículas de menos de 5 mm, se facilita la ingestión por los niveles más bajos de la cadena trófica. El presente estudio pretende determinar la densidad de microplásticos en la zona sur del Golfo de Valencia, entre el tramo de Cullera y Denia, a lo largo de 53,97 km de costa. Para ello se muestreó la capa superficial marina de 10 transectos perpendiculares a la costa y se ha procedió a identificar y cuantificar tanto los macroplásticos, obteniéndose una densidad media de 7.304 ítems/km² (484.660 mg/km²), como los microplásticos, con un nivel medio 329.541 ítems/km² (69.371,52 mg/km²). Los resultados muestran valores similares a estudios de otras zonas del Mediterráneo. Los transectos con mayor densidad de partículas fueron los cercanos a las desembocaduras de los ríos.

PALABRAS CLAVE: microplásticos, macroplásticos, basura marina, contaminación, Mediterráneo, muestreo, cuantificación.

Abstract

The plastic pollution of the marine environment is an increasingly alarming reality. The presence of microplastics in all the oceans and seas of the planet has been confirmed. The situation of the Mediterranean as a closed sea is not very different that the one from points of plastic accumulation of the main oceanic gyres of the Pacific, Atlantic and Indian Oceans. The impacts of the presence of plastic in the marine environment not only affects the macro fauna, but due to the fragmentation of plastic material in particles of less than 5 mm the ingestion by the lower levels of the trophic chain gets eiser. The present study aims to determine the density of microplastics present in the southern area of the Gulf of Valencia, between the section of Cullera and Denia, along 53,97 km of coastline. In order to to this, the marine surface layer of 10 transects perpendicular to the coast was sampled and both the macroplastics and microplastics were identified and quantified, obtaining an average density of 7.304 items/km² (484.660 mg/km²) and a medium level of 329.541 items/km² (69.371,52 mg/km²) respectively. The results show similar values to studies from other areas of the Mediterranean. The transects with the highest density of particles were those closer to the river mouths.

KEYWORDS: microplastics, macroplastics, marine litter, pollution, Mediterranean, sampling, quantification.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE IMÁGENES | III |
| ÍNDICE DE TABLAS | IV |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | VI |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 BASURA MARINA | 1 |
| 1.2 PLÁSTICOS Y MICROPLÁSTICOS | 1 |
| 1.3 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS SOBRE CONTAMINACIÓN MARINA POR RESIDUOS PLÁSTICOS | 3 |
| 1.4 ORIGEN, DISTRIBUCIÓN Y ACUMULACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN EL MEDIO MARINO | 5 |
| 1.5 PRINCIPALES AFECCIONES E IMPACTOS SOBRE FAUNA MARINA | 11 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 16 |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO | 16 |
| 3.2 PROTOCOLO DE MUESTREO | 20 |
| 3.3 MEDICIÓN DE VARIABLES ABIÓTICAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO | 23 |
| 3.4 METODOLOGÍA PARA EL PROCESADO DE LAS MUESTRAS | 24 |
| 3.5 ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICOS | 25 |
| 3.6 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS | 27 |
| 4. RESULTADOS | 29 |
| 4.1 RESULTADOS POR ZONA DE MUESTREO | 29 |
| 4.2 CARACTERÍSTICAS ABIÓTICAS DE LAS ZONAS DE MUESTREO | 46 |
| 4.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS | 46 |
| 5. DISCUSIÓN | 48 |
| 6. CONCLUSIONES | 54 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA | 55 |
| 8. ANEXO 1: TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS | 59 |
| 9. ANEXO 2: IMÁGENES DEL MATERIAL MACROSCÓPICO IDENTIFICADO EN LAS MUESTRAS | 72 |

ÍNDICE DE IMÁGENES

| | |
|--|-----------|
| <i>Imagen 1.1: A la izquierda, microplásticos abrasivos extraídos de la pasta de dientes. A la derecha, pellets de resina recolectados en la línea de costa (UNEP, 2016).....</i> | <i>3</i> |
| <i>Imagen 1.2: Microplásticos secundarios obtenidos de muestras marinas tomadas en superficie (Kovač Viršek et al., 2016).....</i> | <i>3</i> |
| <i>Imagen 1.3: El gráfico “a” muestra la tendencia de la producción de plásticos a nivel mundial desde principios del siglo XX. El gráfico “b” representa el uso final del plástico en porcentaje respecto al total producido (Worm et al., 2017).</i> | <i>5</i> |
| <i>Imagen 1.4: Población costera en los 100 km de costa (millones en 2010) (Talaue-McManus and Estevanez, 2016).....</i> | <i>6</i> |
| <i>Imagen 1.5: Artes de pesca abandonadas en el mar y recogidas posteriormente (NOAA’s Ocean Service. US Departament of Commerce, 2018).....</i> | <i>7</i> |
| <i>Imagen 1.6: Cantidad de plástico que entró en el mar en 2010 en millones de toneladas (Worm et al., 2017)</i> | <i>7</i> |
| <i>Imagen 1.7: Resultados del modelo prediciendo la densidad total de partículas en función de los 4 rangos de tamaño. El resultado se establece en ítems/km² (ver valores en la barra de colores) (Eriksen et al., 2014).</i> | <i>8</i> |
| <i>Imagen 1.8: Resultados del modelo prediciendo la densidad total de partículas en función de los 4 rangos de tamaño. El resultado se establece en g/km² (ver valores en la barra de colores) (Eriksen et al., 2014) .</i> | <i>9</i> |
| <i>Imagen 1.9: Distribución de las acumulaciones de plásticos en los océanos y su relación con los principales giros oceánicos (Cózar et al., 2014).....</i> | <i>10</i> |
| <i>Imagen 1.10: A la izquierda tortuga verde (Chelonia mydas) atrapada en un arte de pesca. A la derecha diferentes especies de peces atrapados y muertos en otro arte de pesca abandonado (NOAA’s Ocean Service. US Departament of Commerce, 2018).</i> | <i>11</i> |
| <i>Imagen 1.11: Imágenes de las interacciones de diferentes organismos con productos plásticos. Fuente: (De la Cruz, 2018).....</i> | <i>11</i> |
| <i>Imagen 1.12: A la izquierda, comparativa de una bolsa de plástico transparente y de medusas en el agua (Smith, K.). A la derecha, acumulación de plásticos y microplásticos en el estómago de una ave marina (Ocean Find your Blue. Smithsonian).....</i> | <i>12</i> |
| <i>Imagen 1.13: Presencia de microplásticos en suspensión en la superficie del agua en la costa mediterránea. Fuente: Miguel Rodilla.....</i> | <i>12</i> |
| <i>Imagen 1.14: A la izquierda, muestra TSeB donde se puede observar en amarillo los fragmentos plásticos y en morado organismos zooplanctónicos. A la derecha muestra TCB en amarillo un fragmento plástico y en morado huevos de peces. Como se puede observar es fácil confundir el plástico con organismos marinos</i> | <i>13</i> |
| <i>Imagen 1.15: Muestra TSeB como organismos han utilizado el film como sustrato en el cual adherirse..</i> | <i>14</i> |
| <i>Imagen 3.1: Panorámica de casi toda la zona de muestreo, a falta del tramo norte de Cullera hasta Tavernes, se observa al fondo el Macizo del Montgó (Denia) (Generalitat Valenciana, 2016).</i> | <i>16</i> |
| <i>Imagen 3.2: Localización de los transectos definidos a lo largo de la zona de estudio. Fuente: QGIS.</i> | <i>20</i> |
| <i>Imagen 3.3: Red de muestreo de 300 µm utilizada en la toma de muestras. En el extremo final se puede ver el sistema de ensamblaje del soft bucket.</i> | <i>21</i> |
| <i>Imagen 3.4: La red de muestreo durante la toma de una muestras (À Punt., 2018).</i> | <i>21</i> |
| <i>Imagen 3.5: A la izquierda, la red manta muestreando en el transecto TSB. A la derecha la red sobre el soporte de limpieza instantes después de sacarla del agua transecto TMOB.</i> | <i>22</i> |
| <i>Imagen 3.6: Red de muestreo de microplásticos colgada del soporte para ser limpiada y poder recoger la muestra del transecto TSeA.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Imagen 3.7: Imagen del soft bucket albergando la muestra TTA.</i> | <i>23</i> |
| <i>Imagen 3.8: CTD registrando valores de las fracciones conductividad, temperatura y profundidad en el transecto.....</i> | <i>23</i> |
| <i>Imagen 3.9: A la izquierda, muestra del transecto TMOc antes de su procesado. A la derecha, lavado del soft bucket durante el procesado de la muestra TSeB.....</i> | <i>24</i> |

| | |
|---|-----------|
| <i>Imagen 3.10: Procesado de la muestra TDA, limpieza de elementos orgánicos macroscópicos (> 5 mm) para recoger los microplásticos que pudiesen estar retenidos en su superficie.</i> | <i>24</i> |
| <i>Imagen 3.11: A la izquierda, macroplásticos de más de 5 mm de la muestra TMB. En el centro, bandeja con las fanerógamas limpiadas que estaban presentes en la muestra TDA, preparados para ser secadas en estufa. A la derecha, muestra TSB al final del procesado.</i> | <i>25</i> |
| <i>Imagen 3.12: Proceso de separación de submuestras para la identificación de microplásticos.</i> | <i>25</i> |
| <i>Imagen 3.13: Ejemplo de microplásticos secundarios obtenidos en las muestras TMA y TSeB. En la imagen c se observa el proceso de separación de los microplásticos presentes en la muestra TDC y clasificación en tubos Eppendorf.</i> | <i>26</i> |
| <i>Imagen 3.14: Visual de la muestra TSeB a través del microscopio estereoscópico.</i> | <i>27</i> |
| <i>Imagen 3.15: Material necesario para el análisis e identificación de los microplásticos presentes en una muestra.</i> | <i>27</i> |
| <i>Imagen 9.1: Macroplástico de la muestra TCA.</i> | <i>72</i> |
| <i>Imagen 9.2: Macroplástico de la muestra TCB.</i> | <i>72</i> |
| <i>Imagen 9.3: Macroplástico de la muestra TMA, TMB y TMC.</i> | <i>73</i> |
| <i>Imagen 9.4: Macroplástico de la muestra TTA Y TTB.</i> | <i>73</i> |
| <i>Imagen 9.5: Macroplástico de la muestra TTC.</i> | <i>74</i> |
| <i>Imagen 9.6: Macroplástico de las réplicas TXA y TXC.</i> | <i>74</i> |
| <i>Imagen 9.7: Macroplásticos de las réplicas TSeA, TSeB y TSeC.</i> | <i>75</i> |
| <i>Imagen 9.8: Macroplásticos en las réplicas TPB y TPC.</i> | <i>76</i> |
| <i>Imagen 9.9: Macroplásticos en la réplica TOB.</i> | <i>76</i> |
| <i>Imagen 9.10 Macroplásticos en muestra TDA.</i> | <i>77</i> |
| <i>Imagen 9.11: Macroplásticos en réplica TDB.</i> | <i>77</i> |
| <i>Imagen 9.12: Muestra TDA antes de su procesado donde se puede observar la cantidad de restos vegetales que se obtuvo en el muestreo.</i> | <i>78</i> |
| <i>Imagen 9.13: Macroplásticos en las réplicas TMoA, TMoB y TMoC.</i> | <i>78</i> |
| <i>Imagen 9.14: Macroplásticos en réplica TSA.</i> | <i>79</i> |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 3.1: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TC.</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 3.2: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TM.</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 3.3: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TT.</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 3.4: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TX.</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 3.5: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TSe.</i> | <i>18</i> |
| <i>Tabla 3.6: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TP.</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabla 3.7: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TO.</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabla 3.8: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TD.</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabla 3.9: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TMo.</i> | <i>19</i> |
| <i>Tabla 3.10: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TS.</i> | <i>20</i> |
| <i>Tabla 4.1: Niveles de partículas macroscópicas presentes en las réplicas del transecto Cullera.</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 4.2: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Cullera.</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 4.3: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Cullera.</i> | <i>30</i> |
| <i>Tabla 4.4: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Cullera.</i> | <i>30</i> |
| <i>Tabla 4.5: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Marenyet.</i> | <i>31</i> |
| <i>Tabla 4.6: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Marenyet.</i> | <i>31</i> |
| <i>Tabla 4.7: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Marenyet.</i> | <i>31</i> |
| <i>Tabla 4.8: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Marenyet.</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabla 4.9: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Tavernes.</i> | <i>32</i> |
| <i>Tabla 4.10: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Tavernes.</i> | <i>33</i> |
| <i>Tabla 4.11: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Tavernes.</i> | <i>33</i> |

| | |
|---|----|
| Tabla 4.12: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Tavernes. | 33 |
| Tabla 4.13: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km ²) presentes en las réplicas del transecto Xeraco..... | 34 |
| Tabla 4.14: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Xeraco. | 34 |
| Tabla 4.15: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Xeraco. | 35 |
| Tabla 4.16: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Xeraco..... | 35 |
| Tabla 4.17: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km ²) presentes en las réplicas del transecto Serpis | 36 |
| Tabla 4.18: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Serpis. | 36 |
| Tabla 4.19: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Serpis. | 36 |
| Tabla 4.20: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Serpis. | 37 |
| Tabla 4.21: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km ²) presentes en las réplicas del transecto Piles | 37 |
| Tabla 4.22: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Piles. | 38 |
| Tabla 4.23: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Piles. | 38 |
| Tabla 4.24: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Piles. | 38 |
| Tabla 4.25: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km ²) presentes en las réplicas del transecto Oliva Nova | 39 |
| Tabla 4.26: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Oliva Nova. | 39 |
| Tabla 4.27: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Oliva Nova. | 40 |
| Tabla 4.28: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Oliva Nova. | 40 |
| Tabla 4.29: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km ²) presentes en las réplicas del transecto Deveses..... | 41 |
| Tabla 4.30: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Les Deveses. | 41 |
| Tabla 4.31: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Les Deveses. | 41 |
| Tabla 4.32: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Les Deveses..... | 42 |
| Tabla 4.33: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km ²) presentes en las réplicas del transecto Punta Molins..... | 42 |
| Tabla 4.34: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Punta Molins. | 43 |
| Tabla 4.35: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Punta Molins. | 43 |
| Tabla 4.36: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Punta Molins. | 43 |
| Tabla 4.37: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km ²) presentes en las réplicas del transecto Denia | 44 |
| Tabla 4.38: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Denia..... | 44 |
| Tabla 4.39: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Denia. | 45 |
| Tabla 4.40: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Denia. | 45 |
| Tabla 4.41: Resultados de las mediciones de las variables abióticas para cada transecto. | 46 |
| Tabla 8.1: Resumen de los resultados de todos los transectos tanto globales como por tipología de microplásticos para la realización del estudio estadístico en ítems/km ² | 61 |
| Tabla 8.2: Resumen estadístico para los valores de microplásticos totales en cada transecto | 62 |
| Tabla 8.3: Prueba de Kruskal-Wallis para Microplásticos totales por transecto | 62 |
| Tabla 8.4: Resumen estadístico para los valores de la tipología de microplásticos fragmentos..... | 64 |
| Tabla 8.5: Prueba de Kruskal-Wallis para fragmentos microplásticos por transecto..... | 64 |
| Tabla 8.6: Resumen estadístico para los valores de la tipología de microplásticos films..... | 64 |
| Tabla 8.7: Prueba de Kruskal-Wallis para la fracción films microplásticos | 65 |
| Tabla 8.8: Resumen estadístico para los valores de la tipología de microplásticos pellets..... | 66 |
| Tabla 8.9: Prueba de Kruskal-Wallis para la fracción pellets | 66 |
| Tabla 8.10: Resumen estadístico para los valores de la tipología de microplásticos gránulos | 67 |
| Tabla 8.11: Prueba de Kruskal-Wallis para la fracción gránulos..... | 67 |
| Tabla 8.12: Resumen estadístico para los valores de la tipología de filamentos microplásticos | 68 |
| Tabla 8.13: Prueba de Kruskal-Wallis para la fracción filamentos microplásticos..... | 68 |
| Tabla 8.14: Resumen estadístico para los valores de la tipología de foams | 68 |
| Tabla 8.15: Prueba de Kruskal-Wallis para la fracción foams | 69 |

Tabla 8.16: Primera tabla de resultados de la correlación ordinal de Spearman..... 70

Tabla 8.17: Segunda tabla de resultados de la correlación ordinal de Spearman..... 71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1: Distribución de las densidades medias de ítems/km² para los microplásticos..... 50

Gráfico 5.2: Distribución de las densidades medias de ítems/km² para los macroplásticos 51

Gráfico 5.3: Composición microplástica media por cada transecto de la zona de muestreo 52

Gráfico 5.4: Composición en función de los valores medios de macroplásticos en los transectos de la zona de estudio..... 52

Gráfico 8.1: Resultado de la representación del gráfico caja-bigotes para micro-total por transecto destacando el valor de la mediana mediante la muesca. 63

Gráfico 8.2: Gráfico de Fisher LSD al 95% para microplásticos totales 63

Gráfico 8.3: Resultado de la representación del gráfico caja-bigotes para films microplásticos por transecto destacando el valor de la mediana mediante la muesca. 65

Gráfico 8.4: Gráfico LSD de la prueba de Fisher al 95% para films microplásticos 66

1. INTRODUCCIÓN

1.1 BASURA MARINA

El medio marino se ha convertido en el receptor de una gran cantidad de residuos producidos por el hombre.

Se define como basura marina, todos aquellos residuos sólidos procedentes de fuentes antrópicas. Son elementos sólidos manufacturados o procesados que han sido descartados, depositados o abandonados en el medio marino o en la costa. En este grupo están incluidos tanto los residuos sólidos que son vertidos deliberadamente, como los que llegan al mar o a la costa consecuencia de accidentes, junto con todo aquel transportado por el medio marino a través de los sistemas de drenaje continentales (GESAMP, 2015).

Las basuras marinas engloban elementos de distintas composiciones: metales, cristal, papel, tela o plástico, entre otros, pero de todos ellos, el plástico es el considerado como el más persistente y problemático (GESAMP, 2015). Se estima que el plástico es el responsable del 80-85% de la basura marina presente en los océanos (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

1.2 PLÁSTICOS Y MICROPLÁSTICOS

El plástico, es el material versátil por excelencia, engloba un grupo de componentes artificiales o de fibras sintéticas de diversidad de tamaños, texturas y colores: desde textiles, como los forros polares de poliéster, hasta material quirúrgico, pasando por todo tipo de piezas para aparatos electrónicos e industriales, material agrícola, enseres y, por descontado, envases (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

Las composiciones químicas de los plásticos son muy diversas. En la industria se utilizan variabilidad de polímeros junto con diferentes aditivos, los cuales tiene la función de conseguir resistencia, flexibilidad, dureza, impermeabilidad, etc., en función del uso final que se dé al objeto plástico producido (Rojo Nieto and Montoto, 2017). Son estos aditivos, los responsables de que persistan en el medio sin degradarse durante cientos y miles de años (Cózar *et al.*, 2014).

Las dimensiones que presentan los residuos plásticos marinos son diversas, no solo por su diferente tamaño desde su origen, sino además, porque todos ellos se ven afectados por procesos erosivos cuando están en el medio marino (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

Los mecanismos de degradación que afectan a los residuos plásticos son tanto los producidos por la radiación solar, la actividad biológica, la degradación térmica, la termo-oxidativa, la acción mecánica y la hidrólisis (Anderson, Park and Palace, 2016). Como consecuencia, los plásticos pierden resistencia y se fragmentan en partículas sin sufrir necesariamente una alteración de su composición química. Es decir, el plástico degradado sigue siendo eminentemente plástico, pero mucho más pequeño (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

El término “**microplásticos**” fue acuñado en el 2004 por Thompson *et al.* para definir la acumulación de piezas microscópicas de plástico en los sedimentos marinos y en la columna de agua de masas de agua europeas (Frias and Nash, 2019).

En 2009, Arthur, *et al.* proponen un tamaño máximo para estas partículas, y establecen, que los microplásticos son elementos plásticos con unas dimensiones inferiores a 5 mm. Más tarde, en el 2011 Cole *et al.* detallan más aún la definición y distinguen entre dos tipologías de microplásticos: primarios (producidos ya a tamaño microscópico) y secundarios (resultado de la degradación y fragmentación en el medio ambiente) (Frias and Nash, 2019).

Fue el grupo de expertos de la GESAMP los que en su publicación de 2015 definen el rango de tamaño que engloba a estas partículas plásticas, definiendo los microplásticos como partículas plásticas con un diámetro máximo de 5 mm hasta partículas el rango de los nanómetros (1 nm) (Frias and Nash, 2019).

El artículo de Frias and Nash (2019) establece una revisión detallada de la definición de microplásticos, y acota el límite inferior del intervalo que engloba los microplásticos. Indicado que este valor se va modificando y redefiniéndose en función de las limitaciones tecnológicas de los aparatos de medida del laboratorio. Actualmente, el protocolo de identificación establece utilizar la microespectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIRM), pudiéndose identificar microplásticos con tamaños que llegan a los 20-100 μm . Y esta tecnología sigue avanzando pudiéndose detectar tamaños de cerca de 1 μm .

En resumen, la definición más actual e integrada que engloba la gran heterogeneidad de estos elementos microscópicos es la que proponen Frias and Nash (2019) en su reciente artículo: ***“ Toda partícula o matriz sintética sólida, de forma regular o irregular, con un tamaño que oscila entre 1 μm y 5 mm, con un origen industrial primario o secundario, y que es insoluble en agua ”.***

Los microplásticos presentes en el océano presentan dos tipologías:

- **Microplásticos primarios:** son los que se producen directamente con tamaño inferior a 5 mm. En este grupo destacan las micro esferas (diámetro < 500 μm), con un incremento de su presencia en el medio marino debido al creciente uso en la industria cosmética, farmacéutica (vectores de medicamentos) o en la impresión 3D (Rojo Nieto and Montoto, 2017) (imagen 1.1). En este grupo se encuentran productos cosméticos como: exfoliantes faciales, cremas, pasta de dientes y productos de limpieza. Se estima que en Estados Unidos la población vierte cerca de 263 t al año de microplásticos de polietileno utilizado en el cuidado personal (Auta, Emenike and Fauziah, 2017). Todos ellos acaban vertiéndose a la red de alcantarillado y llegando a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), pero su pequeño tamaño impide que se retenga en alguna de las etapas del tratamiento, por lo que acaban en el mar a través del vertido de las EDAR.

En este grupo también se engloban los pellets (2-5 mm) que son los precursores de plásticos más grandes y que llegan al medio a través de accidentes de medios de transporte marítimos (Auta, Emenike and Fauziah, 2017; Rojo Nieto and Montoto, 2017).

- **Microplásticos secundarios:** Son fragmentos de plásticos grandes que se generan por la acción de agentes erosivos, los cuales favorecen su fragmentación (Cózar *et al.*, 2014) (imagen 1.2). La combinación de radiación ultravioleta, la fuerza abrasiva del oleaje, temperatura, disponibilidad de oxígeno y turbulencias, junto con las propiedades de los polímeros plásticos (densidad y tamaño) influirán en la fragmentación de la basura plástica (Auta, Emenike and Fauziah, 2017). La generación de esta tipología de microplásticos secundarios es más efectiva en playas donde la elevada radiación

ultravioleta incidente, la acción del oleaje, la temperatura y la disponibilidad de oxígeno es mayor que en alta mar. Una vez estos fragmentos entran en la columna de agua, las temperaturas bajan y se reduce la incidencia de la radiación, por lo que la fragmentación también se reduce (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

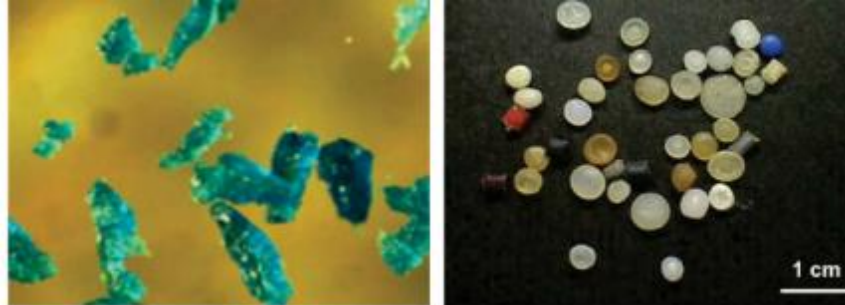


Imagen 1.1: A la izquierda, microplásticos abrasivos extraídos de la pasta de dientes. A la derecha, pellets de resina recolectados en la línea de costa (UNEP, 2016)



Imagen 1.2: Microplásticos secundarios obtenidos de muestras marinas tomadas en superficie (Kovač Viršek et al., 2016)

1.3 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS SOBRE CONTAMINACIÓN MARINA POR RESIDUOS PLÁSTICOS

A principios de la década de los 70 del siglo XX, empiezan a encontrarse los primeros artículos que hablan de la contaminación de residuos plásticos en el océano, los cuales tienen una escasa repercusión en el mundo científico (Andrady, 2011; GESAMP, 2015).

En la década de los 80, se empieza a diferenciar las micro basuras plásticas en el Atlántico Norte así como las partículas plásticas en el Pacífico Norte, el Mar de Bering y el Mar de Japón, siendo ignorados tanto por la comunidad científica como por la no científica durante varios años (GESAMP, 2015).

En los años posteriores, sobretodo en la década de los 90, las acumulaciones de estos residuos plásticos en el mar ya impactan sobre la fauna y empiezan a publicarse estudios relacionados con la afección a los mamíferos marinos y cetáceos (Andrady, 2011; Cozar et al., 2014).

En el 1995, se incorpora la basura marina como una nueva categoría en la Declaración de Washington sobre el Programa de acción global para la protección del medio marino de las fuentes terrestres (GESAMP, 2015).

Las afecciones sobre otras especies empiezan a documentarse en la primera década del siglo XXI. Estudios sobre la ingesta de residuos plásticos marinos por parte de aves y tortugas marinas son abundantes en esta época, estableciéndose que cerca del 44% de las especies de aves marinas ya estaban ingiriendo basura plástica marina (Andrady, 2011).

A la vanguardia de estas investigaciones ha estado la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EEUU (NOAA), la cual ha publicado directrices para la evaluación e iniciativas de financiación diseñadas para reducir el impacto de la basura marina (GESAMP, 2015).

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible de Rio de Janeiro en 2012, la basura marina se planteó como un tema de preocupación, generándose una referencia específica en el documento final, donde se detalla en el párrafo 163 (A / RES / 66/288) (GESAMP, 2015):

“El futuro que queremos: 163. Tomamos nota con preocupación de que la salud de los océanos y la biodiversidad marina se ve afectada negativamente por la contaminación marina, incluidos los desechos marinos, especialmente plásticos, contaminantes orgánicos persistentes, metales pesados y compuestos a base de nitrógeno, de una serie de fuentes marinas y terrestres. Nos comprometemos a tomar medidas para reducir la incidencia y el impacto de dicha contaminación en los ecosistemas marinos, incluso mediante la aplicación efectiva de los convenios pertinentes adoptados en el marco de la Organización Marítima Internacional (OMI), y el seguimiento de la iniciativas pertinentes, como el Programa de Acción Mundial para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra, así como la adopción de estrategias coordinadas con este fin. Además, nos comprometemos a tomar medidas para, en 2025, lograr reducciones significativas en los desechos marinos para evitar daños al medio marino y costero.”

El problema de la basura marina y los microplásticos se planteó en la Primera Asamblea de la ONU sobre el Medio Ambiente, que tuvo lugar en Nairobi en junio de 2014 (GESAMP, 2015).

En mayo de 2018 se han vuelto a reunir y han elaborado un informe recopilando todas las resoluciones relativas a este tema, donde además **“Reconoce que la presencia de basura plástica y microplásticos en el medio marino es una *cuestión de interés mundial cuya gravedad va en aumento y que requiere una respuesta mundial urgente* que tenga en cuenta un enfoque del ciclo de vida de los productos, que reconozca que los niveles y fuentes de basura plástica y microplásticos marinos, y los recursos disponibles para abordar la cuestión, pueden variar entre las regiones, y que es necesario adoptar medidas y adaptarse, según corresponda, a las situaciones locales, nacionales y regionales”** (Grupo especial de expertos de composición abierta sobre basura marina y los microplásticos, 2018).

Actualmente, las investigaciones empiezan a centrarse en los impactos que la fragmentación de los residuos plásticos marinos están ocasionado tanto a las especies marinas como al propio ecosistema, así como el incremento de su toxicidad por fenómenos de adsorción de diferentes compuestos tóxicos.

1.4 ORIGEN, DISTRIBUCIÓN Y ACUMULACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN EL MEDIO MARINO

El plástico ha sido un material cuyo uso se ha generalizado e incrementado a lo largo de las últimas décadas. En la imagen 1.3 se observa el incremento tan pronunciado que ha tenido la fabricación de plásticos durante la segunda mitad del siglo XX. De aproximadamente 1,7 millones de toneladas de los años 50 del siglo pasado, hasta cerca de 299 millones de toneladas en el 2014 (Auta, Emenike and Fauziah, 2017). Además, resaltar que cerca del 40% de la producción mundial se destina a embalajes (Worm *et al.*, 2017) :

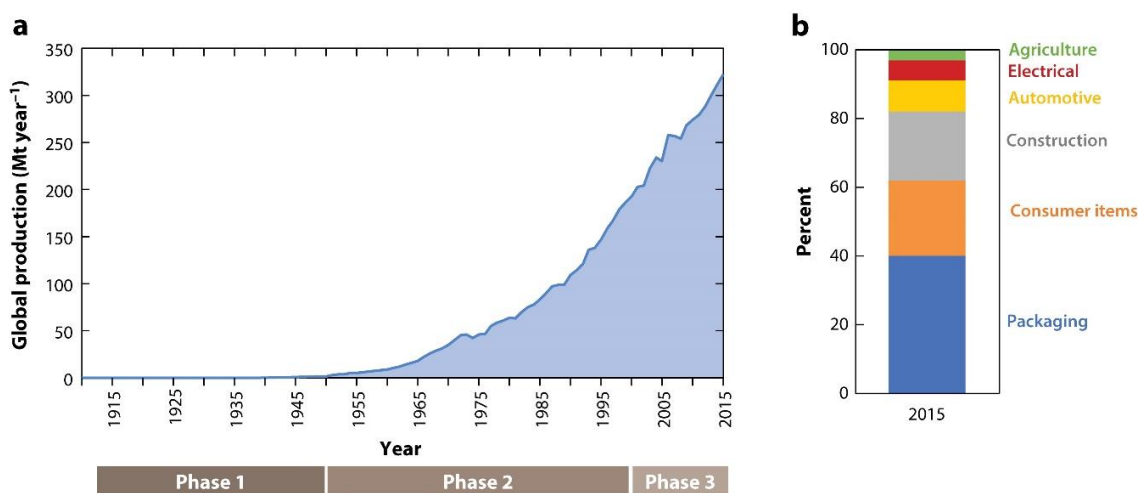


Imagen 1.3: El gráfico "a" muestra la tendencia de la producción de plásticos a nivel mundial desde principios del siglo XX. El gráfico "b" representa el uso final del plástico en porcentaje respecto al total producido (Worm *et al.*, 2017).

Un dato es destacable de todo este balance, tan solo una fracción muy pequeña inferior al 5% de todo este plástico producido se recupera, el resto, queda en el medio, como consecuencia de ello, se está produciendo la acumulación de estos residuos plásticos en el medio marino (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

Los inicios de la fabricación de los plásticos se remontan al 1907, donde el belga ganador del Premio Nobel en Química, Leo Hendrick Baekeland creó la primera sustancia de plástico sintética, la baquelita. No fue hasta medio siglo después, en los años cincuenta, cuando empezó la producción masiva de las fibras sintéticas, y desde entonces, no se ha detenido la producción de materiales plásticos (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

Hoy en día, es difícil encontrar un producto que no contenga plástico, y se ha estimado, que el 50% de los productos plásticos que se fabrican, están destinados a ser de un solo uso (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

El valor de uso del material plástico es realmente sorprendente. Puede sustituir a casi todos los materiales tradicionales y ofrece cualidades desconocidas en las sustancias naturales, de modo que ahora alimenta a una industria mundial. La industria del plástico crea nuevas aplicaciones y

productos con tendencias de crecimiento marcadamente ascendentes y que no muestran signos de desaceleración en el futuro previsible (Bergmann, Gutow and Klages, 2015).

Los plásticos presentes en el medio marino tienen una doble procedencia. Por un lado, se estima que el 80% procede de plástico utilizado en el continente, con puntos calientes de generación en las zonas más industrializadas y más densamente pobladas (imagen 1.4), siendo la basura producida en la franja costera la que más repercute en este porcentaje (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

La explicación de todo ello es que el océano es el receptor final del ciclo hidrológico, por lo que gran parte de la escorrentía superficial, junto con todo lo que transporta, acaba vertiéndose en él (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

Si a ello se le añade que un tercio de la población mundial está concentrada en los primeros km de la franja costera, tenemos una justificación de porqué se están acumulando tantas cantidades de residuos plásticos en el mar (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

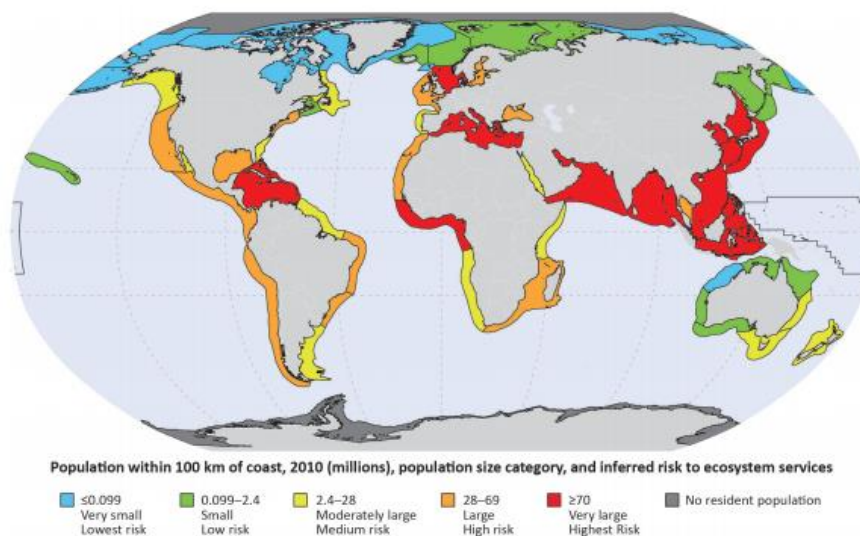


Imagen 1.4: Población costera en los 100 km de costa (millones en 2010) (Talaue-McManus and Estevanez, 2016)

En concreto, la fracción más pequeña de estos residuos plásticos (microplásticos), presentan 3 vías de entrada en las masas de agua (Anderson *et al.*, 2016):

1. Por descargas de efluentes de estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR), los cuales no están diseñados actualmente para la retención de partículas con tamaños que oscilan de los milímetros a los micrómetros.
2. Por escorrentía superficial producida en episodios de lluvias intensas.
3. Por aportes de escorrentías de sistemas agrícolas.

El 20% restante de los residuos plásticos presentes en los océanos y mares se genera en el propio medio debido a la actividad pesquera y a la pesca fantasma (imagen 1.5), la cual consiste en el proceso de abandono o pérdida de aparejos de pesca, así como en accidentes y vertidos de medios de transporte marítimos o actividades recreativas. El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) estima que cada año se pierden o abandonan en el mar 64.000 toneladas de aparejos (Rojo Nieto and Montoto, 2017).



Imagen 1.5: Artes de pesca abandonadas en el mar y recogidas posteriormente (NOAA's Ocean Service, US Department of Commerce, 2018).

La entrada de residuos plásticos en los océanos se ha generalizado por todo el mundo (imagen 1.6), presentándose un aporte más intenso en el sudeste asiático. Actualmente China con un 27,8% es el principal responsable de la entrada de plásticos en los océanos. Esta zona combina la mayor producción mundial de productos plásticos que junto con la elevada densidad poblacional, siendo los parámetros responsables de la elevada cantidad de residuos plásticos vertidos al mar (más de 5 millones de toneladas al año). En segundo lugar se encontraría Europa y Norteamérica, con valores que oscilan entre 1-5 millones de toneladas de residuo plástico vertido al mar (Worm *et al.*, 2017).

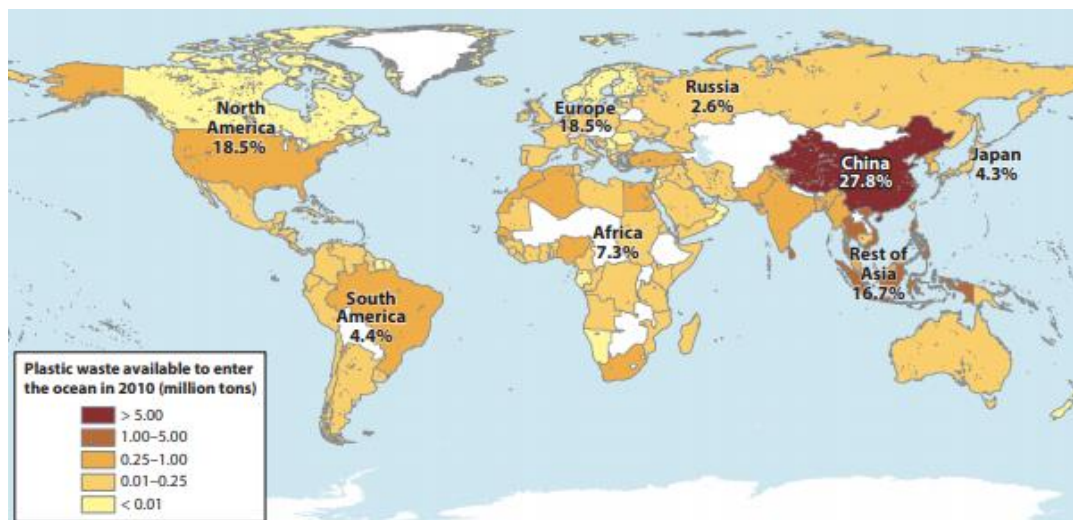


Imagen 1.6: Cantidad de plástico que entró en el mar en 2010 en millones de toneladas (Worm *et al.*, 2017)

Los residuos plásticos, una vez entran en el medio marino, se mueven y acumulan por todo el planeta. Actualmente, existen informes de presencia de basuras flotantes en todos los mares y océanos (Deudero and Alomar, 2015). Pero no solo flotando en la superficie, sino que recientemente se están encontrando grandes densidades de basuras en cañones submarinos, lo que demuestra la movilidad y la acumulación en lugares remotos de estos residuos (Rojo Nieto and Montoto, 2017).

Asimismo, las basuras marinas se encuentran en sitios tan lejanos de las fuentes como los mares polares, habiéndose encontrado, en el mar de Barents y en el estrecho de Fram, en el Ártico (Rojo Nieto and Montoto, 2017). En concreto, un estudio reciente ha identificado en regiones polares remotas densidades particularmente altas de microplásticos en el hielo marino de la zona ártica (Peeken et al., 2018).

La explicación de la presencia de partículas plásticas en zonas remotas donde no hay vertidos ni actividad antrópica la tienen las corrientes oceánicas, las cuales transportan los residuos plásticos flotantes por todo el planeta y los acumulan principalmente en las zonas de convergencia central de los océanos. Este proceso genera acumulaciones superficiales de plástico del orden de kg (o millones de ítems)/ km² en el centro del giro oceánico, mientras que las densidades en mar abierto se estiman en g (miles de ítems)/km² (Cózar et al., 2015).

Estudios sobre modelos de circulación oceánica global adaptados a modelos de seguimientos de partículas lagrangianos, han permitido conocer cómo se dispersan los residuos plásticos cuando son vertidos en los mares y océanos. Uno de los primeros modelos de simulación fue en 2012, cuando Lebreton et al., integrando estos modelos con inputs tanto terrestres como marinos, presentaron un modelo de simulación de 30 años donde se observaba claramente la formación de 5 zonas de acumulación en latitudes subtropicales de las principales cuencas oceánicas, además de describir el transporte y distribución.

Eriksen et al., en 2014 elaboraron un modelo oceanográfico donde estimaban la concentración de fragmentos de plástico flotante dispersado por los océanos (imagen 1.7 y 1.8) agrupado en 4 rangos de tamaño: 0,33-1 mm (pequeños microplásticos); 1,01-4,75 mm (microplásticos); 4.76-200 mm (mesoplásticos) y >200 mm (macroplásticos). El modelo fue calibrado mediante 1.571 muestreos que se realizaron entre 2007 y 2013 y estimaba que cerca de 5,25 trillones de partículas plásticas con un peso aproximado de 268.940 toneladas flotando en los océanos (Eriksen et al., 2014).

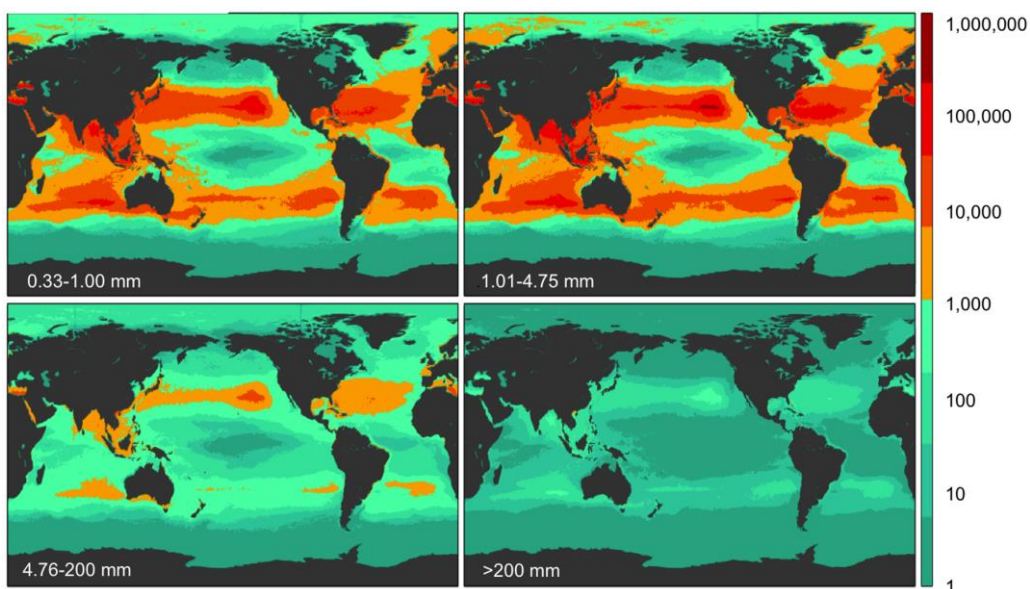


Imagen 1.7: Resultados del modelo prediciendo la densidad total de partículas en función de los 4 rangos de tamaño. El resultado se establece en ítems/km² (ver valores en la barra de colores) (Eriksen et al., 2014).

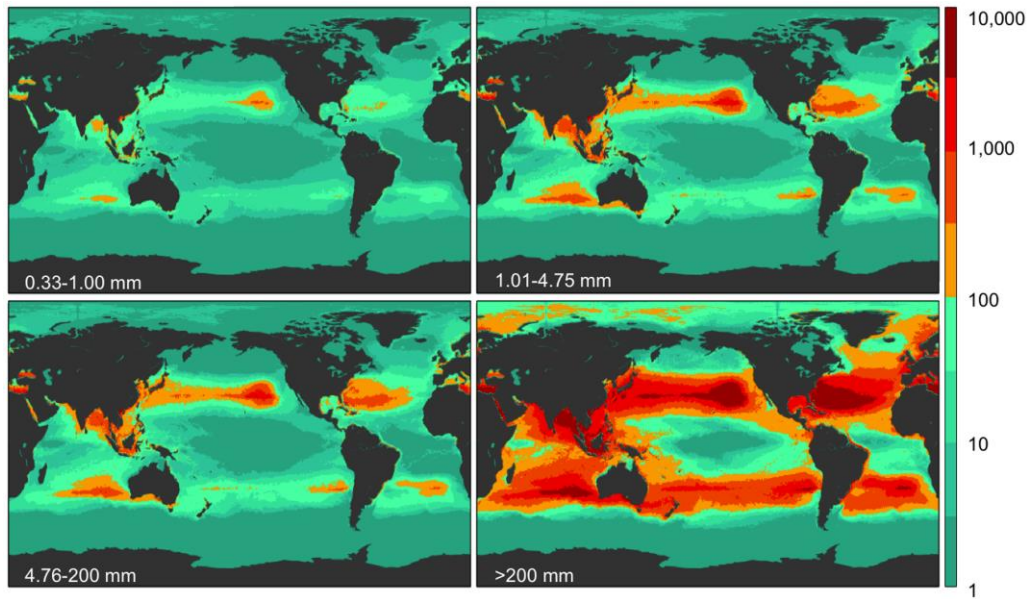


Imagen 1.8: Resultados del modelo prediciendo la densidad total de partículas en función de los 4 rangos de tamaño. El resultado se establece en g/km^2 (ver valores en la barra de colores) (Eriksen *et al.*, 2014)

Se observa que si el resultado se presenta en ítems/ km^2 los valores de los rangos inferiores de medida de los microplásticos son muy abundantes, mientras que si se representa el valor en g/km^2 , el valor mayoritario lo presentan los macroplásticos. Ello es debido a que al tener mayores dimensiones tienen más peso con respecto a los microplásticos. Aun así, en los dos casos se pueden observar claramente los puntos de acumulación de los residuos plásticos a lo largo de las zonas de convergencia de las cuencas oceánicas de todo el planeta.

Otro modo de estimar la cantidad de plástico presente en el mar es a partir del muestreo masivo. Es el caso del estudio realizado por Cózar *et al.*, en 2014 donde se estableció la distribución de la concentración de residuos plásticos a partir del análisis 3.070 muestreos por las principales cuencas oceánicas (imagen 1.9). Los datos procedían de la circunnavegación de Malaspina 2010, encuestas regionales e informes publicados anteriormente, y la conclusión coincidió con el patrón de distribución pronosticado a partir de los modelos de circulación de la superficie del océano tanto de Lebreton *et al.*, de 2012 como de Eriksen *et al.*, de 2014, es decir, todos ellos confirmaban la acumulación de residuos plásticos en la zona de convergencia de cada uno de los cinco grandes giros subtropicales (Atlántico Norte y Sur, Pacífico Norte y Sur e Índico).

Los resultados muestran que la mayor acumulación se presenta en el giro del Pacífico Norte, debido tanto al tamaño del giro como a la elevada densidad de población localizada en la costa este del continente asiático (Cózar *et al.*, 2014).

Este giro acumula una importante zona de aporte de plástico al océano formada en aguas subtropicales entre California y Hawái, generándose el conocido como “Gran Parche de Basura del Pacífico” (GPGP en inglés). El modelo estima que esta zona de acumulación presenta unas 79.000 toneladas de plástico oceánico el cual está flotando dentro de un área de 1,6 millones de km^2 (Lebreton *et al.*, 2018).

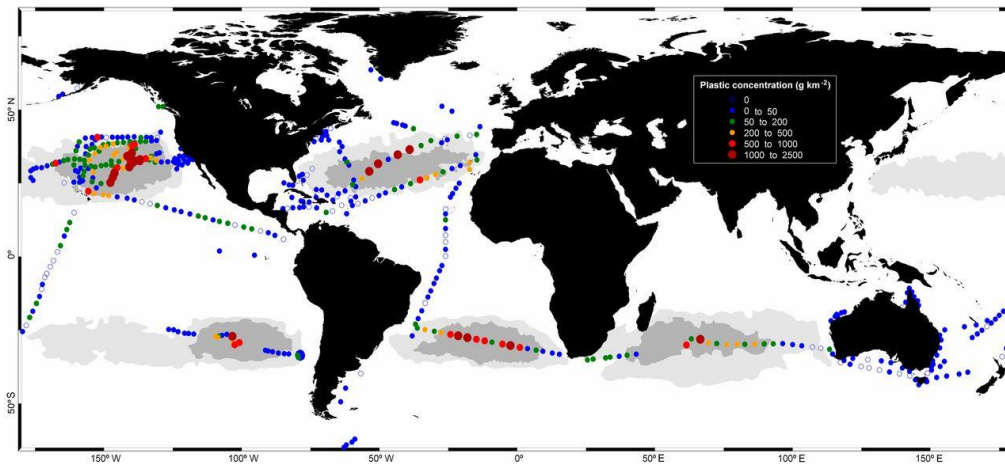


Imagen 1.9: Distribución de las acumulaciones de plásticos en los océanos y su relación con los principales giros oceánicos (Cózar *et al.*, 2014)

Además se establece que más de tres cuartas partes de la masa de GPGP fue transportada por restos de más de 5 cm y al menos el 46% estaba compuesto por redes de pesca. Los microplásticos representaron el 8% de la masa total. Se estima que hay entre 1,1 a 3,6 trillones de piezas flotando en esta gran isla de plástico (Lebreton *et al.*, 2018).

Esta isla artificial se ha transformado en un nicho ecológico para especies colonizadoras como los como los *Halobates sp.*, una especie de insectos marinos que sirven de alimento a aves y peces, los cuales prosperan gracias a esta imprevista abundancia de residuos plásticos en el mar ya que utilizan estos lugares para realizar sus puestas (Goldstein, Rosenberg and Cheng, 2012).

Para el caso del Mar Mediterráneo la situación no es muy distinta, en 2015 ya presentaba densidades medias de 423 g/km² (243,853 ítems/km²) de plástico, por lo que puede considerarse el Mar Mediterráneo como una gran zona de acumulación adicional de residuos plásticos flotantes a escala global (Cózar *et al.*, 2015).

La situación del Mar Mediterráneo es consecuencia de la elevada densidad poblacional costera (aproximadamente 100 millones de personas en una franja costera de 10 kilómetros), además de tratarse de una cuenca con rutas de embarcaciones de las más transitadas del mundo y de recibir aguas de las cuencas fluviales densamente pobladas como el Nilo, el Ebro y el Po. Si a ello se le añade que solo está conectado con el océano Atlántico a través del Estrecho de Gibraltar, el agua presenta un tiempo de renovación de 1 siglo (Cózar *et al.*, 2015).

Para poder realizar estas estimaciones globales de las cantidades de plásticos presentes en diferentes lugares del mundo, es indispensable estandarizar los procedimientos de muestreo y análisis de partículas plásticas tanto en superficie, como en sedimento, columna de agua o playas. Ello permite que resultados obtenidos de la multitud de campañas de muestreo que se están realizando a lo largo del planeta, puedan ser comparados entre sí y elaborar bases de datos más extensas y las series históricas más largas (Cózar *et al.*, 2014).

Determinar las fuentes de contaminación responsables de la entrada de microplásticos en el medio marino es de suma importancia debido a que es uno de los caminos por los que disminuye la entrada y la acumulación de microplásticos en océanos y mares (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

1.5 PRINCIPALES AFECCIONES E IMPACTOS SOBRE FAUNA MARINA

En los últimos años, las imágenes alarmantes de los atrapamientos de mega fauna marina (imagen 1.10) a causa de los residuos plásticos presentes en mares y océanos han sido cada vez más numerosas.



Imagen 1.10: A la izquierda, tortuga verde (*Chelonia mydas*) atrapada en un arte de pesca. A la derecha, diferentes especies de peces atrapados y muertos en otro arte de pesca abandonado (NOAA's Ocean Service. US Department of Commerce, 2018).

Se estima que más de 690 especies marinas han tenido alguna interacción con la presencia de basuras marinas en los ecosistemas marinos(imagen 1.11) (Rojo Nieto and Montoto, 2017).



Imagen 1.11: Imágenes de las interacciones de diferentes organismos con productos plásticos.
Fuente: (De la Cruz, 2018)

El color, la densidad, la forma, el tamaño, la carga, las agregaciones y la abundancia de los microplásticos en el medio afecta a su potencial biodisponibilidad para los organismos marinos (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

La ingestión de plásticos por parte de los organismos marinos es, en muchos casos, accidental debido a que las partículas se confunden con su comida, se asemejan en color, forma y tamaño (imagen 1.12). Todo ello se ha obtenido de los estudios donde se han analizado el contenido estomacal (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).



Imagen 1.12: A la izquierda, comparativa de una bolsa de plástico transparente y de medusas en el agua (Smith, K.). A la derecha, acumulación de plásticos y microplásticos en el estómago de una ave marina (Ocean Find your Blue. Smithsonian)

Pero los problemas más graves son los provocados por la fracción más pequeña de los plásticos (imagen 1.13) siendo actualmente los que más preocupan a la comunidad científica, principalmente, porque no se sabe aún las repercusiones que pueden ocasionar tanto a la fauna como al ser humano. El incremento de la presencia de microplásticos en los últimos años en el medio marino está provocando su entrada y acumulación en la cadena trófica y se están desarrollando importantes problemas fisiológicos debido a la ingestión alimentaria y posterior intoxicación (Rojo Nieto and Montoto, 2017).



Imagen 1.13: Presencia de microplásticos en suspensión en la superficie del agua en la costa mediterránea. Fuente: Miguel Rodilla

Los microplásticos pueden ser ingeridos por organismos acuáticos de todos los niveles tróficos, desde corales, pepinos de mar, zooplancton, rotíferos, ciliados, crustáceos, anfípodos, moluscos y peces de todos los tamaños (Anderson, Park and Palace, 2016; Auta, Emenike and Fauziah, 2017) al confundirlo con su alimento (imagen 1.14). Además de la ya documentada ingestión por mamíferos marinos, cetáceos, aves marinas y tortugas (Andrady, 2011; Cózar *et al.*, 2014).

Algunas de estas especies tienen la capacidad de eliminar estos compuestos vía excreción, pero otros acumulan y movilizan los microplásticos en su circulación (Anderson *et al.*, 2016), siendo estos últimos los afectados por los daños de la presencia de estos compuestos microscópicos en su organismo. A medida que el tamaño de las partículas se reduce, la posibilidad de ingestión por parte de los organismos marinos aumenta, provocando que en estos momentos cualquier organismo de las cadenas tróficas marinas haya ingerido plásticos, microplásticos o nanoplásticos (Cózar *et al.*, 2014)

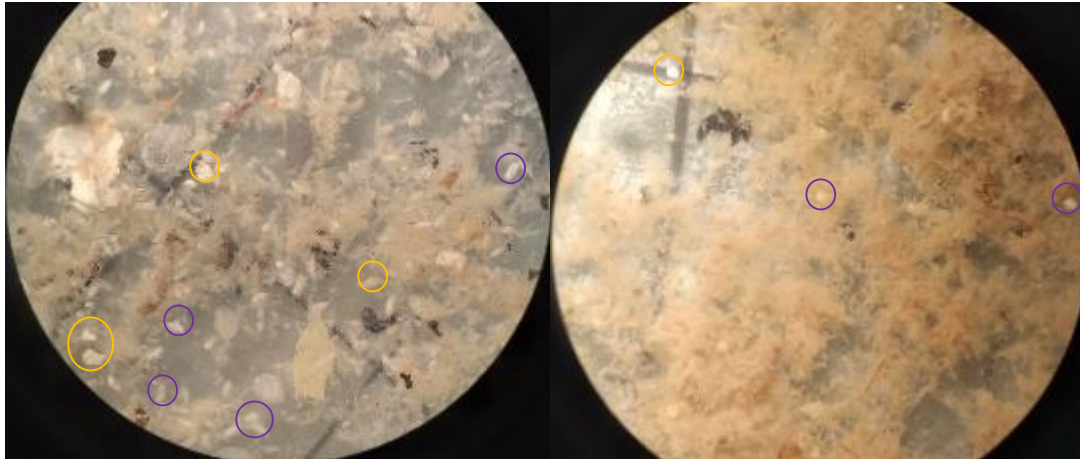


Imagen 1.14: A la izquierda, muestra TSeB donde se puede observar en amarillo los fragmentos plásticos y en morado organismos zooplanctónicos. A la derecha muestra TCB en amarillo un fragmento plástico y en morado huevos de peces. Como se puede observar es fácil confundir el plástico con organismos marinos

Estos microplásticos son generalmente hidrofóbicos y presentan largas cadenas químicas donde se acumulan los contaminantes orgánicos, tales como hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's), difeniléteres polibromados (PBDE), policlorados bifenilos (PCB) y diclorodifeniltricloroetano (DDT) (Andrady, 2011; Anderson, Park and Palace, 2016; Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

Del mismo modo, las partículas de plástico pueden asociarse con metales, que pueden acumularse potencialmente en concentraciones equivalentes o mayores que en sedimentos o en agua. Estudios demuestran la adsorción de cadmio, cobalto, cromo, níquel (Anderson, Park and Palace, 2016), el aluminio, la plata, el hierro y el manganeso (Auta, Emenike and Fauziah, 2017), el plomo, cobre y zinc, (Anderson, Park and Palace, 2016; Auta, Emenike and Fauziah, 2017) en función de las condiciones de salinidad y pH, en plásticos muestreados en el medio marino.

Su propia composición ya es tóxica para algunos organismos, compuestos de cloruro de polivinilo (PVC), nailon y politereftalato de polietileno (PET), polietileno (PE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS) son los compuestos que comúnmente flotan en el agua. Otros comunes son el alcohol polivinílico (PA) y la poliamida (PA) (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

Además los microplásticos introducen sustrato duro (imagen 1.15) en los ecosistemas acuáticos que permiten la implantación de comunidades pelágicas y bacterianas. Algunos autores han detectado proliferaciones de *Vibrio sp.* y bacterias heterotróficas en basura plástica (Anderson, Park and Palace, 2016).



Imagen 1.15: Muestra TSeB como organismos han utilizado el film como sustrato en el cual adherirse.

Las consecuencias de las ingestiones de microplásticos por los organismos son fatales. Los estudios demuestran que una vez ingeridos, se acumulan en tejidos, son vehículos de transporte de patógenos, absorben y acumulan contaminantes tóxicos, siendo los responsables de: inflamaciones, disminución de la ingesta de alimentos, desnutrición, cáncer, inhibir la actividad reproductiva, fallos y alteraciones del sistema inmunitario y malformaciones, tanto en animales como humanos (Auta, Emenike and Fauziah, 2017).

La contaminación por microplásticos se ha convertido en un potencial problema ambiental, económico y sanitario, principalmente por los efectos que puedan tener sobre especies de interés pesquero, como también, por las repercusiones sobre las cadenas tróficas marinas y en última instancia, el hombre. Recientes estudios ya demuestran la presencia de microplásticos en la sal marina consumida por el hombre (Auta, Emenike and Fauziah, 2017) y en heces humanas (Liebmann and Schwabl, 2018).

2. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es conocer el grado de contaminación por microplásticos presente en la zona sur del Golfo de Valencia y determinar posibles focos de entrada. Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar y cuantificar los residuos microplásticos presentes en suspensión en la superficie marina y clasificarlos en función de 6 tipologías distintas.
2. Identificar y cuantificar los residuos macroplásticos presentes en la zona de estudio.
3. Identificar la tipología de microplásticos más abundante en la zona de estudio.
4. Determinar si existe correlación entre la presencia de macroplásticos y microplásticos.
5. Analizar la variabilidad espacial de microplásticos en el sector Sur del Golfo de Valencia.
6. Determinar si existe relación entre las acumulaciones de microplásticos y la salinidad del agua, puesto que las menores salinidades implican entrada de aguas de origen terrestre, y por tanto, susceptibles de haber aportado residuos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Golfo de Valencia es un entrante del Mediterráneo occidental localizado en la costa este de la Península Ibérica. Sus límites son al norte el Cabo de Tortosa (Tarragona) y al sur el Cabo de la Nao (Alicante), con un total de 400 km de línea de costa.

La zona de estudio (imagen 3.1) se centró en el área sur del Golfo de Valencia, en concreto el tramo de costa localizado entre el “Cap Blanc” de Cullera y el “Cap de Sant Antoni” de Denia con una longitud de 53,97 km.



Imagen 3.1: Panorámica de casi toda la zona de muestreo, a falta del tramo norte de Cullera hasta Tavernes, se observa al fondo el Macizo del Montgó (Denia) (Generalitat Valenciana, 2016).

El arco direccional del ámbito de estudio está delimitado, según sentido horario, por la dirección NE-SSE. Esta delimitación está definida por la propia configuración de la costa y en parte por las islas cercanas, especialmente Mallorca e Ibiza. Los oleajes del sector NE alcanzan la zona poco modificados por los procesos de refracción y difracción, llegando con su energía prácticamente intacta. El Cabo de la Nao abriga las costas de la zona de estudio de los oleajes del sector S-SW y las islas de Mallorca, Menorca e Ibiza protegen la zona de la acción de los oleajes de fondo procedentes del sector E-SE (Gadea, 2016).

La dirección predominante del oleaje debido al viento es el procedente del NE y el oleaje debido a otras zonas marítimas que alcanzan el ámbito de estudio (SWELL), también tienen una distribución frecuencial y energética semejante a los del viento. Por lo tanto, son las corrientes con dirección N las predominantes en esta zona, seguidas de las SE (Gadea, 2016).

El ámbito de estudio presenta una heterogeneidad en lo que respecta a la tipología de costa y los usos de suelo: hay tramos de áreas protegidas, zonas de playas arenosas turísticas, zonas de costa rocosa, proximidad de núcleos urbanos y desembocaduras de ríos y torrentes.

En el norte de la zona de estudio predominan las costas bajas arenosas asociadas a zonas de marjal, algunas de ellas declaradas espacios naturales protegidos o suelos no urbanizables de especial protección. En estas zonas se combinan los espacios poco antropizados de costa con los núcleos urbanos de las playas turísticas altamente pobladas durante el verano. En el sur, se

encuentran el inicio de las zonas de acantilados, las cuales se desarrollan con más intensidad a partir de la zona sur del Puerto de Denia (Generalitat Valenciana, 2016).

Además, existen cursos fluviales que desembocan en la zona de estudio y que pueden tener cierta repercusión en la entrada de residuos plásticos en el mar, ellos son:

- El más importante por dimensiones es el río Júcar con una superficie de cuenca de 21.579 km² presenta un caudal medio anual de 5,11 m³/s, con un caudal máximo mensual de 21,29 m³/s y un mínimo mensual de 0,53 m³/s
- El segundo es el río Serpis con una superficie de cuenca de 753 km², tiene un caudal medio anual de 2,337 m³/s, con un caudal máximo mensual de 54,78 m³/s y un caudal mínimo mensual de 0,03 m³/s.
- El Río Bullent-Vedat, es en realidad el exutorio del acuífero de Mustalla con una cuenca de 24,1 km² de superficie y apenas 3 km (Ajuntament d'Oliva, 2017). Se estima que el caudal vertido al mar es de 1,28 m³/s (Ballesteros and Rodríguez, no date).
- El río Racons-Molinell, presenta solo 5 km de recorrido y una superficie de cuenca de 57,9 km² (Ajuntament d'Oliva, 2017). Se estima que el caudal vertido al mar es de 2,21 m³/s (Ballesteros and Rodríguez, no date).
- El río Vaca, presenta una longitud de 16,6 km de recorrido, drenaba antiguamente en la Marjal de la Safor, pero debido a la regulación de los niveles de agua de la marjal por acción antrópica desemboca al mar. Con un caudal mínimo en la desembocadura de 0,71 m³/s durante todo el año (Nuñez, 2017).

La selección de esta área de estudio se justifica por esta heterogeneidad geográfica, ya que uno de los objetivos del presente trabajo es poder detectar fuentes de entrada de microplásticos en el mar. Para ello se han definieron un total de 10 transectos perpendiculares a la línea de costa (imagen 3.2) los cuales están próximos a tramos de costa de diferente tipología y con diferentes usos de suelo. La localización exacta de cada uno de los transectos fue la siguiente:

1. Transecto Cullera (TC):

- a. Localización: Al sur del Cap Blanc, justo delante de las playas arenosas turísticas de Cullera.
- b. Día de muestreo: 13/08/2018
- c. Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.1).

Tabla 3.1: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TC

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TCA | 739661,72 | 4339998,80 | 742013,33 | 4340077,30 | 2,35 |
| TCB | 742003,14 | 4340092,19 | 739817,66 | 4339988,62 | 2,21 |
| TCC | 739675,35 | 4340017,93 | 741969,88 | 4340154,58 | 2,33 |

2. Transecto Marenyet (TM):

- a. Localización: Al sur de la desembocadura del río Júcar.
- b. Día de muestreo: 13/08/2018
- c. Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.2).

Tabla 3.2: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TM

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TMA | 739115,78 | 4335692,39 | 741281,00 | 4336253,19 | 2,32 |
| TMB | 741319,09 | 4336272,50 | 739134,90 | 4335716,66 | 2,28 |
| TMC | 739083,93 | 4335695,04 | 740865,56 | 4336052,53 | 1,90 |

3. Transecto Tavernes (TT):

- Localización: Frente a la playa arenosa turística de Tavernes.
- Día de muestreo: 21/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.3).

Tabla 3.3: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TT

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TTA | 743297,42 | 4331158,15 | 741199,19 | 4330454,51 | 2,25 |
| TTB | 743300,87 | 4331135,73 | 741249,77 | 4330465,78 | 2,19 |
| TTC | 743490,64 | 4331213,39 | 741231,44 | 4330467,73 | 2,40 |

4. Transecto Xeraco (TX):

- Localización: Frente a la playa turística de Xeraco, antes de la desembocadura del río Vaca.
- Día de muestreo: 12/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.4).

Tabla 3.4: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TX

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TXA | 743546,26 | 4325467,12 | 745642,96 | 4326408,63 | 2,25 |
| TXB | 745640,34 | 4326420,30 | 743538,69 | 4325461,23 | 2,21 |
| TXC | 743563,61 | 4325473,53 | 745485,70 | 4326493,89 | 2,33 |

5. Transecto Serpis (TSe):

- Localización: En la desembocadura del río Serpis y al sur de la bocana del Puerto de Gandía.
- Día de muestreo: 12/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.5).

Tabla 3.5: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TSe

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TSeA | 747432,73 | 4319098,05 | 749461,99 | 4320008,58 | 2,24 |
| TSeB | 749536,63 | 4320017,92 | 747602,63 | 4319228,66 | 2,18 |
| TSeC | 747351,03 | 4319078,97 | 749420,03 | 4320076,99 | 2,32 |

6. Transecto Piles (TP):

- Localización: Frente a la playa arenosa turística de Piles.
- Día de muestreo: 21/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.6).

Tabla 3.6: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TP

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TPA | 752059,84 | 4316959,85 | 750391,55 | 4315312,87 | 2,42 |
| TPB | 750381,53 | 4315307,97 | 752100,45 | 4316943,00 | 2,39 |
| TPC | 752118,58 | 4316985,69 | 750370,43 | 4315294,70 | 2,47 |

7. Transecto Oliva Nova (TO):

- Localización: Frente a la desembocadura del río Bullent - Vedat en una zona de playas arenosas poco turísticas.
- Día de muestreo: 23/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.7).

Tabla 3.7: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TO

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TOA | 754215,75 | 4311254,06 | 755693,77 | 4312775,74 | 2,16 |
| TOB | 755708,99 | 4312782,14 | 754170,33 | 4311203,25 | 2,30 |
| TOC | 754217,21 | 4311264,74 | 755710,57 | 4312799,13 | 2,22 |

8. Transecto Les Deveses (TD):

- Localización: Al sur en la desembocadura del río Racons – Molinell.
- Día de muestreo: 23/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.8).

Tabla 3.8: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TD

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TDA | 758402,07 | 4307596,34 | 759732,17 | 4309113,43 | 2,10 |
| TDB | 758402,01 | 4307606,52 | 759738,48 | 4309117,66 | 2,10 |
| TDC | 759748,23 | 4309114,92 | 758407,21 | 4307601,04 | 2,10 |

9. Transecto Punta Molins (TMO):

- Localización: Frente a costa que empieza a ser rocosa con mucho núcleo urbano detrás.
- Día de muestreo: 22/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.9).

Tabla 3.9: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TMO

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TMOA | 764627,80 | 4306404,32 | 765491,83 | 4308203,08 | 2,01 |
| TMOB | 765488,49 | 4308197,14 | 764596,48 | 4306357,82 | 2,10 |
| TMOc | 764588,93 | 4306383,85 | 765520,34 | 4308214,54 | 2,16 |

10. Transecto Denia (TS):

- Localización: al norte de la bocana del puerto de Denia, frente a una zona de playa rocosa-arenosa con núcleos urbanos.
- Día de muestreo: 22/08/2018
- Coordenadas UTM (HUSO 30) y longitudes de los transectos (km) (tabla 3.10).

Tabla 3.10: Coordenadas iniciales y finales junto con las longitudes de cada transecto TS

| Transecto | Punto inicial | | Punto final | | Longitud |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Coordenada X | Coordenada Y | Coordenada X | Coordenada Y | |
| TSA | 770251,41 | 4304825,15 | 771584,68 | 4306495,89 | 2,17 |
| TSB | 771584,11 | 4306457,97 | 770258,85 | 4304825,99 | 2,13 |
| TSC | 770249,40 | 4304835,97 | 771662,37 | 4306576,62 | 2,29 |



Imagen 3.2: Localización de los transectos definidos a lo largo de la zona de estudio.

3.2 PROTOCOLO DE MUESTREO

El protocolo de muestreo que se ha seguido en el presente estudio es el descrito por Kovač Viršek *et al.*, 2016, el cual define el procedimiento a seguir para el muestreo de microplásticos presentes en la superficie marina, el procesado de la muestra y la identificación y cuantificación de microplásticos presentes en la misma.

El muestreo se realizó durante 6 días a lo largo del mes de agosto coincidiendo con los días en que las condiciones marinas permitían cumplir con las directrices del protocolo de muestreo.

Para la realización del muestreo se utilizó una red manta, con una abertura de 0,7 x 0,4 m y una longitud de 2,6 m. Su forma cónica (imagen 3.3) permite que toda la muestra sea canalizada hasta un reservorio final que se conoce como soft bucket, el cual albergará toda la muestra (Kovač Viršek *et al.*, 2016). El soft bucket tiene una boca de rosca que permite ir separándolo de la red manta tras cada arrastre y almacenar la muestra hasta su posterior análisis en el laboratorio.

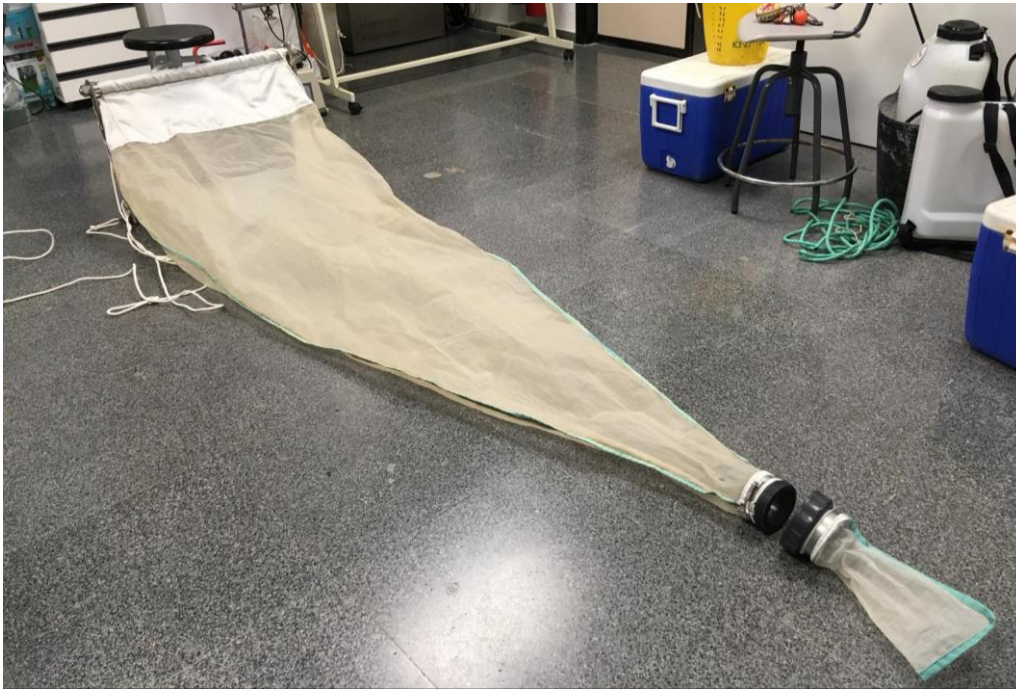


Imagen 3.3: Red de muestreo de 300 μm utilizada en la toma de muestras. En el extremo final se puede ver el sistema de ensamblaje del soft bucket.

Antes de iniciar el muestreo se ensamblaron la red manta y el soft bucket y se colocaron los cabos en la boca de la red. Una vez preparado, la red manta fue depositada en la superficie del mar y manteniendo la boca en vertical se dispuso a una distancia de 30 m de la embarcación (imagen 3.4 y 3.5) con el fin de que el muestreo no fuese afectado por la turbulencia de la embarcación.



Imagen 3.4: La red de muestreo durante la toma de una muestras (À Punt., 2018).

Previo a la puesta en marcha de la embarcación, se procedió a anotar las coordenadas GPS iniciales y la hora del inicio del muestreo y así fijar el punto de inicio del transecto. A partir de la puesta en marcha de la embarcación es necesario seguir la dirección manteniendo una velocidad de 2-3 nudos durante 30 minutos. Es importante mantener esta velocidad y duración porque será la que definirá la longitud del transecto y por lo tanto, la superficie muestreada (Kovač Viršek *et al.*, 2016).



Imagen 3.5: A la izquierda, la red manta muestreando en el transecto TSB. A la derecha la red sobre el soporte de limpieza instantes después de sacarla del agua transecto TMoB.

Pasados los 30 min se detuvo la embarcación, se anotó la hora y las coordenadas y se procedió a recoger el cabo de la red manta poco a poco manteniendo siempre la boca de la misma en vertical y una vez cerca de la embarcación, se levantó la red manta del agua ayudando del soporte de limpieza (imagen 3.5).

A continuación se enjuagó la red manta a fondo desde el exterior con agua de mar mediante el uso de dos mochilas a presión (imagen 3.6). El enjuague es necesario que se realice en la dirección al soft bucket con el fin de concentrar todas las partículas en el mismo (Kovač Viršek *et al.*, 2016).



Imagen 3.6: Red de muestreo de microplásticos colgada del soporte para ser limpiada y poder recoger la muestra del transecto TSeA.

Una vez limpia se desenroscó el soft bucket (imagen 3.7) y se depositó en un envase de vidrio el cual se rellenó mitad con agua de mar con el fin de mejorar la conservación de la materia orgánica hasta su posterior procesado en el laboratorio. Se colocó el envase correctamente

etiquetado en la nevera de las muestras y se procedió a colocar un nuevo soft bucket en la red de muestreo para repetir cada transecto por triplicado.



Imagen 3.7: Imagen del soft bucket albergando la muestra TTA.

Según indica el procedimiento, es importante que la velocidad del viento durante el muestreo no ha de superar 2 Beaufort, ya que las olas serían demasiado altas y la red no estaría estable sobre la superficie del mar (Kovač Viršek *et al.*, 2016).

Así mismo recomienda que durante el muestreo, procesado y análisis de las muestras todo el material que se utilice sea de plástico, así mismo, evitar la ropa sintética, las cuerdas y contactos de la red manta con el recipiente para evitar contaminación (Kovač Viršek *et al.*, 2016).

3.3 MEDICIÓN DE VARIABLES ABIÓTICAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO

Con la finalidad de poder determinar si variaciones en las condiciones abióticas del medio pueden tener alguna relación con la presencia o acumulación de microplásticos en el mar, se procedió al inicio y fin del primer transecto de cada punto de muestreo a analizar los valores de temperatura, conductividad y profundidad. Para ello se utilizará un CTD (Conductivity, temperature and depth) (imagen 3.8.).



Imagen 3.8: CTD registrando valores de las fracciones conductividad, temperatura y profundidad en el transecto

3.4 METODOLOGÍA PARA EL PROCESADO DE LAS MUESTRAS

Una vez en el laboratorio, el paso siguiente es el procesado de las muestras. En primer lugar, se enjuagó cada uno de los soft bucket vertiendo su contenido sobre un tamiz con un diámetro de muestreo de 250 μm , un poco más pequeño que el tamaño de poro de la red manta. Se utilizaron frascos lavadores con agua destilada (imagen 3.9) y finalmente se dejó filtrar todo el líquido de la muestra.



Imagen 3.9: A la izquierda, muestra del transecto TMoC antes de su procesado. A la derecha, lavado del soft bucket durante el procesado de la muestra TSeB.

Si la muestra contiene material de dimensiones superiores a los 5 mm (imagen 3.9), al ser considerados como macroscópicos han de separarse de la muestra. Por lo que se fueron separando uno a uno mediante el uso de pinzas y la identificación visual, y se limpiaron detenidamente con agua destilada (imagen 3.10) para separar todos los elementos microscópicos que pudiesen tener en su superficie. Estos restos macroscópicos pueden ser restos animales o vegetales además de macro residuos. Todo ello se realiza antes de la conservación de la muestra, con el fin de reducir el volumen de muestra a almacenar (Kovač Viršek *et al.*, 2016).



Imagen 3.10: Procesado de la muestra TDA, limpieza de elementos orgánicos macroscópicos (> 5 mm) para recoger los microplásticos que pudiesen estar retenidos en su superficie.

Todo el material macroscópico separado de la muestra se secó en una estufa a 60^º durante 24 h. Con ello se pretende poder determinar el peso seco del material macroscópico orgánico y del macroplástico.

Todo aquel elemento separado fue registrado y pesado para ser considerado en la cuantificación final de la muestra. Los macroplásticos fueron depositados en placas Petri (imagen 3.11) para poder ser almacenados por si se requieren en análisis futuros.



Imagen 3.11: A la izquierda, macroplásticos de más de 5 mm de la muestra TMB. En el centro, bandeja con las fanerógamas limpiadas que estaban presentes en la muestra TDA, preparados para ser secadas en estufa. A la derecha, muestra TSB al final del procesado.

La muestra restante se depositó en un envase de vidrio convenientemente etiquetado y se le añadió etanol al 70% (imagen 3.11). El uso de etanol es fundamental para conservar bien la muestra además de ayudar a decolorar organismos y facilitar la posterior identificación del material plástico (Kovač Viršek *et al.*, 2016). Se almacenó en la nevera con el fin de conservar la muestra hasta su posterior análisis.

3.5 ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE MICROPLÁSTICOS

Para poder identificar y cuantificar los microplásticos presentes en las muestras se filtró la muestra almacenada. A continuación, se procedió a tomar 1 cucharadita de muestra (submuestras) y se añadió a una placa Petri junto con agua destilada (imagen 3.12), con la finalidad de separar los microplásticos por densidad y que fueran más fáciles de identificar (Kovač Viršek *et al.*, 2016).

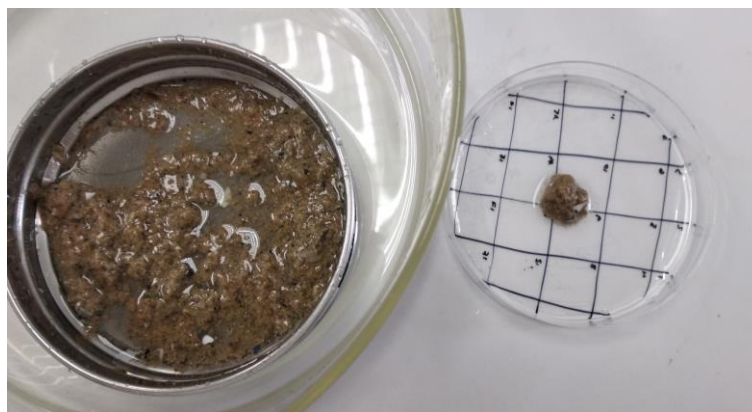


Imagen 3.12: Proceso de separación de submuestras para la identificación de microplásticos.

La muestra se analizó con microscopio estereoscópico (20-80 x zoom) y se fueron recogiendo con pinzas todos los objetos plásticos presentes en las muestras, depositándolos en tubos Eppendorf correctamente etiquetados, diferenciando 6 categorías (imagen 3.13 y 3.14): fragmentos, films, pellets, gránulos, filamentos y foams (espumas).

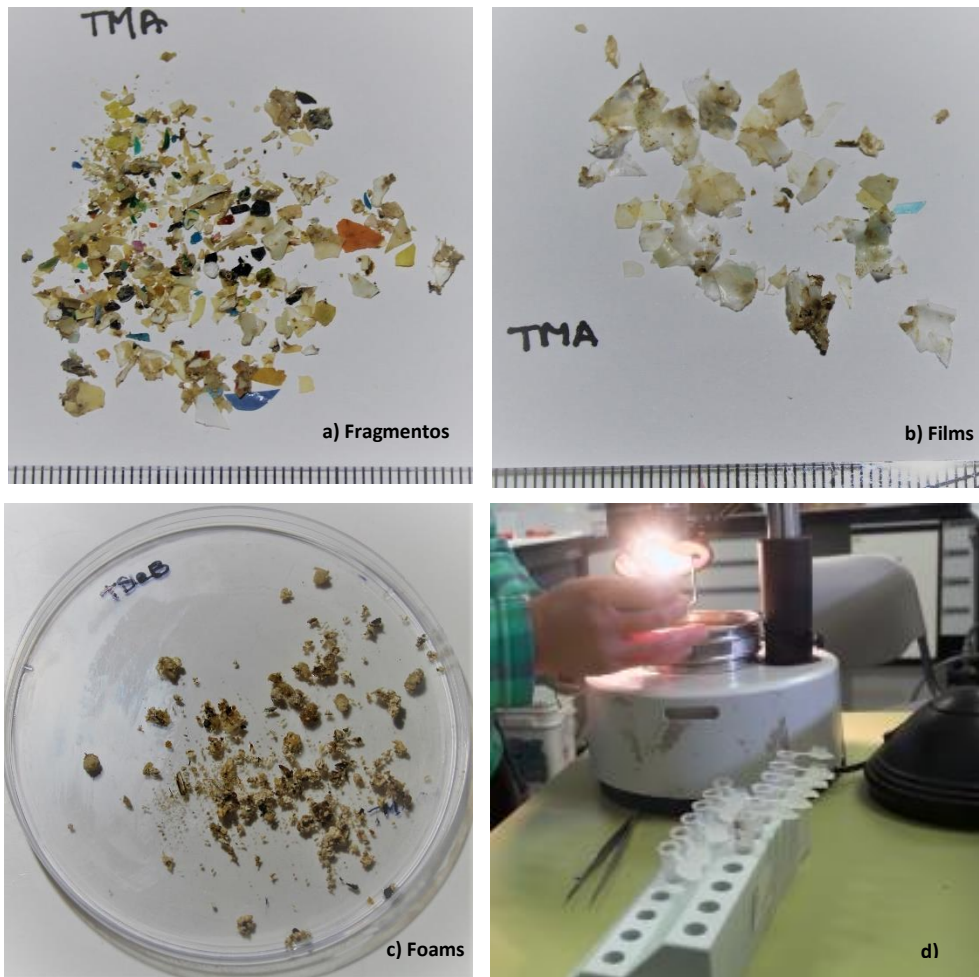


Imagen 3.13: Ejemplo de microplásticos secundarios obtenidos en las muestras TMA y TSeB. En la imagen c se observa el proceso de separación de los microplásticos presentes en la muestra TDC y clasificación en tubos Eppendorf.

El protocolo establece algunos consejos que se pueden seguir con la finalidad de reconocer más fácilmente los microplásticos en la muestra. Indica que los microplásticos tienen las siguientes características (Kovač Viršek *et al.*, 2016):

- Son afilados
- Con bordes irregulares
- Espesor uniforme
- Colores distintivos (azul, verde, amarillo)

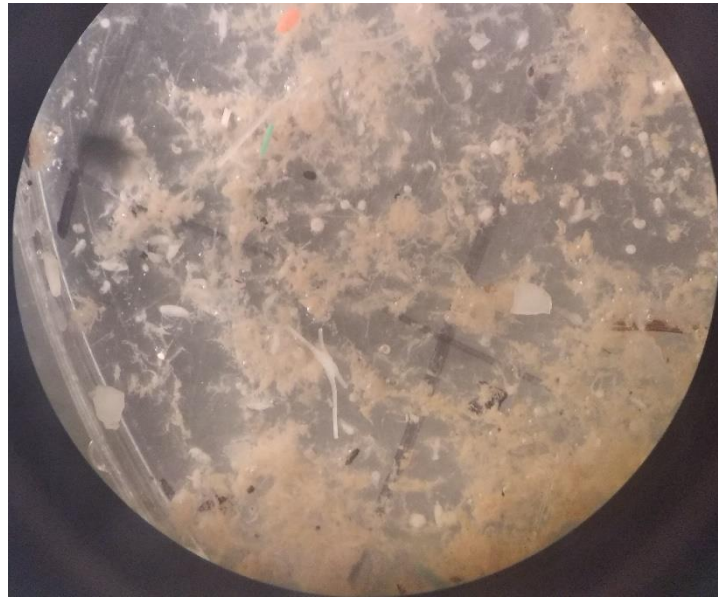


Imagen 3.14: Visual de la muestra TSeB a través del microscopio estereoscópico .

Es importante realizar una aclaración acerca del uso de tubos Eppendorf de plástico y placas Petri (imagen 3.15) para la conservación de los plásticos extraídos de la muestra. El protocolo de muestreo exigía no usar material plástico debido que posteriormente identificaban la composición química del plástico, por eso era necesario usar vidrio y metal para no contaminar la muestra. En el caso de este trabajo, no se ha podido proceder a identificar la composición química porque la Escuela no disponía del instrumental de laboratorio requerido para este fin.



Imagen 3.15: Material necesario para el análisis e identificación de los microplásticos presentes en una muestra.

3.6 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estudios estadísticos con la finalidad de determinar si los transectos muestreados eran significativamente iguales o diferentes entre ellos. El estudio se realizó tanto para los valores totales de microplásticos como para cada una de las fracciones de microplásticos identificadas.

En primer lugar se realizó una prueba de normalidad con la finalidad de establecer si los datos obtenidos seguían una distribución normal o no. El estadístico que se escogió para realizar este estudio fue el Coeficiente de Asimetría o de Curtosis, el cual establece que si el sesgo estandarizado y la Curtosis estandarizada presentan valores fuera del rango -2 y +2, indican desviaciones significativas de la normalidad, es decir, los datos no siguen una distribución normal.

A continuación se procedió a aplicar una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis con el fin de establecer si había diferencias significativas entre los transectos. Si el p -valor $< 0,05$, es indicativo de la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los transectos con un nivel de confianza del 95,0%.

Para ver que transectos son los que presentan diferencias estadísticamente significativas se representó el gráfico de caja bigotes, el cual establece que si la muesca de las medianas de las distribuciones de los datos a comparar se solapan, no hay diferencias significativas, mientras que si la muesca de la mediana no se solapa, sí que hay diferencias significativas (García, 2007).

Como en algunos gráficos de caja-bigotes no permitieron ver con claridad entre que transectos existían diferencias significativas, se elaboraron los gráficos del método LSD o prueba de Fisher, que aunque es un método de cálculo de los intervalos LSD de cada una de las medias de los distintos grupos para datos que siguen una distribución normal, se ha utilizado por varios autores (García, 2007; Sospedra, 2014) para ver con mayor claridad las diferencias cuando los gráficos caja-bigotes no los representaban bien.

Con el fin de determinar las correlaciones entre las distintas variables investigadas en el presente estudio, se realizaron las correlaciones de rango, o de Spearman, tanto para observar las relaciones entre macro y microplásticos totales, como también entre cada una de sus fracciones.

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS POR ZONA DE MUESTREO

A continuación se presentarán los resultados obtenidos en el análisis de las muestras para cada uno de los transectos definidos. En las tablas se expresa el contenido diferenciando el macroscópico del microscópico, tanto en peso como en número de partículas identificadas en las muestras, siguiendo el procedimiento descrito en el protocolo (Kovač Viršek *et al.*, 2016).

4.1.1. TRANSECTO CULLERA

En el transecto Cullera se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4). En este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 176.404 ítems/km² (33.355,35 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con una densidad media de 119.288 ítems/km² (24.304,71 mg/km²), seguida de la fracción de films con 29.432 ítems/km² (5.663,58 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se observó una densidad media de 10.240 ítems/km² representando un 5,49 % de los ítems plásticos totales y 225.918,94 mg/km² representando 87,14% del peso total plástico. De los macroplásticos, la fracción más abundante fueron los macro films con unos niveles medios de 5.323 ítems/km² seguidas de los macro filamentos con niveles bastante parecidos 4.271 ítems/km² (imagen 9.1 y 9.2 del anexo 2). No hubo presencia de foam macroscópico.

Tabla 4.1: Niveles de partículas macroscópicas presentes en las réplicas del transecto Cullera

| TRANSECTO CULLERA | MACROPLÁSTICOS TOTALES | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|-------------------|------------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TCA | 4.863 | 0 | 3.040 | 1.824 | 0 |
| TCB | 25.856 | 1.939 | 12.928 | 10.989 | 0 |
| TCC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Valores medios | 10.240 | 646 | 5.323 | 4.271 | 0 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 67,95% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 478.883,04 mg/km². Cabe destacar que en la réplica TCC no se presentaron elementos macroscópicos de ningún tipo.

Tabla 4.2: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Cullera.

| TRANSECTO CULLERA RÉPLICA A | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 3.100,30 | 608 | 0,0155 | 0,00 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 91,33% | 6,02% | 193.981,76 | 4.863 | 0,9699 | 0,02 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 3,78% | 57,14% | 8.024,32 | 46.201 | 0,0401 | 0,23 |
| Films | 4,15% | 21,80% | 8.814,59 | 17.629 | 0,0441 | 0,09 |
| Pellets | 0,03% | 0,75% | 60,79 | 608 | 0,0003 | 0,00 |

| TRANSECTO CULLERA RÉPLICA A | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 0,51% | 10,53% | 1.094,22 | 8.511 | 0,0055 | 0,04 |
| Foams | 0,20% | 3,76% | 425,53 | 3.040 | 0,0021 | 0,02 |
| Total microplásticos | 8,67% | 93,98% | 18.419,45 | 75.989 | 0,0921 | 0,38 |

Tabla 4.3: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Cullera.

| TRANSECTO CULLERA RÉPLICA B | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 1.433.548,80 | 40.724 | 7,1677 | 0,20 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 87,95% | 8,91% | 483.775,05 | 25.856 | 2,4189 | 0,13 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 9,17% | 71,05% | 50.420,17 | 206.206 | 0,2521 | 1,03 |
| Films | 1,37% | 13,36% | 7.563,03 | 38.785 | 0,0378 | 0,19 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,01% | 0,22% | 64,64 | 646 | 0,0003 | 0,00 |
| Filamentos | 0,38% | 2,90% | 2.068,52 | 8.403 | 0,0103 | 0,04 |
| Foams | 1,12% | 3,56% | 6.140,92 | 10.343 | 0,0307 | 0,05 |
| Total microplásticos | 12,05% | 91,09% | 66.257,28 | 264.383 | 0,3312 | 1,31 |

Tabla 4.4: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Cullera.

| TRANSECTO CULLERA RÉPLICA C | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 94,02% | 55,83% | 14.469,65 | 105.457 | 0,0723 | 0,53 |
| Films | 3,98% | 16,90% | 613,12 | 31.882 | 0,0031 | 0,16 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 2,00% | 27,27% | 306,56 | 51.502 | 0,0015 | 0,26 |
| Foams | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Total microplásticos | 100,00% | 100,00% | 15.389,33 | 188.841 | 0,0769 | 0,95 |

4.1.2. TRANSECTO MARENJET

En el transecto Marenjet los resultados que se obtuvieron para cada una de las 3 réplicas fueron los presentados en las tablas 4.5, 4.6 4.7 y 4.8. Para este transecto, la densidad media de **microplásticos** totales fue de 909.679 ítems/km² (214.641,70 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con 738.030 ítems/km² (186.214,67 mg/km²), seguida de la fracción de films con 100.258 ítems/km² (22.339,90 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se observó una concentración media de 13.155 ítems/km² representando un 1,43 % de los ítems plásticos totales y 782.467,62 mg/km² representando 78,48% del peso total plástico de la muestra. La fracción macroplástica mayoritaria fueron los fragmentos con una densidad media de 6.020 ítems/km² seguida de los filamentos con 3.762 ítems/km² (imagen 9.3 del anexo 2).

Tabla 4.5: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Marenyet

| TRANSECTO MARENYET | MACROPLÁSTICOS TOTALES | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|--------------------|------------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TMA | 14.780 | 6.158 | 1.847 | 6.775 | 0 |
| TMB | 19.420 | 8.145 | 7.516 | 3.759 | 0 |
| TMC | 5.260 | 3.756 | 0 | 752 | 752 |
| Valores medios | 13.153 | 6.020 | 3.121 | 3.762 | 251 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 6,97% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 58.662,32 mg/km². Destacar que en el transecto TMA se encontró una jibia de sepia de 6 cm de largo, pero en general los 3 transectos presentaron poca cantidad de restos animales y vegetales.

Tabla 4.6: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Marenyet.

| TRANSECTO MARENYET RÉPLICA A | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 158.743,84 | 6.158 | 0,7937 | 0,03 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 82,07% | 3,03% | 2.161.022,17 | 14.780 | 10,8051 | 0,07 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 15,90% | 75,41% | 418.719,21 | 368.227 | 2,0936 | 1,84 |
| Films | 1,76% | 14,37% | 46.305,42 | 70.197 | 0,2315 | 0,35 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,02% | 0,13% | 431,03 | 616 | 0,0022 | 0,00 |
| Filamentos | 0,12% | 4,16% | 3.078,82 | 20.320 | 0,0154 | 0,10 |
| Foams | 0,13% | 2,90% | 3.448,28 | 14.163 | 0,0172 | 0,07 |
| Total microplásticos | 17,93% | 96,97% | 471.982,76 | 473.523 | 2,3599 | 2,36 |

Tabla 4.7: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Marenyet.

| TRANSECTO MARENYET RÉPLICA B | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 3.258,15 | 1.880 | 0,0163 | 0,01 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 46,08% | 4,29% | 70.739,35 | 19.420 | 0,3537 | 0,10 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 47,51% | 82,27% | 72.932,33 | 372.180 | 0,3647 | 1,86 |
| Films | 4,29% | 4,43% | 6.578,95 | 20.050 | 0,0329 | 0,10 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,14% | 0,00 | 627 | 0,0000 | 0,00 |

| TRANSECTO MARENYET RÉPLICA B | | | | | | |
|------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Filamentos | 2,04% | 7,34% | 3.132,83 | 33.208 | 0,0157 | 0,17 |
| Foams | 0,08% | 1,53% | 125,31 | 6.892 | 0,0006 | 0,03 |
| Total microplásticos | 53,92% | 95,71% | 82.769,42 | 432.957 | 0,4139 | 2,16 |

Tabla 4.8: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Marenyet.

| TRANSECTO MARENYET RÉPLICA C | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 13.984,96 | 1.504 | 0,0699 | 0,01 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 56,65% | 0,29% | 116.541,35 | 5.260 | 0,5827 | 0,03 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 32,57% | 80,63% | 66.992,48 | 1.473.684 | 0,3350 | 7,37 |
| Films | 6,87% | 11,52% | 14.135,34 | 210.526 | 0,0707 | 1,05 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 2,78% | 4,94% | 5.714,29 | 90.226 | 0,0286 | 0,45 |
| Foams | 1,13% | 2,62% | 2.330,83 | 48.120 | 0,0117 | 0,24 |
| Total microplásticos | 43,35% | 99,71% | 89.172,94 | 1.822.556 | 0,4460 | 9,11 |

4.1.3. TRANSECTO TAVERNES

Para el transecto Tavernes se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12). Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 132,930 ítems/km² (15.900,85 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con una densidad media de 107.195 ítems/km² (12.493,93 mg/km²), seguida de la fracción de filamentos con valor medio de 17.982 ítems/km² (1.034,08 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se obtuvo una densidad media de 3.809 ítems/km² representando un 2,79 % de los ítems plásticos totales y 2.435.036,87 mg/km² representando 99,35% del peso total plástico de la muestra. La fracción mayoritaria en ítems de macroplásticos en este transecto fueron los filamentos con una densidad de 1.644 ítems/km², aunque con valores próximos a los fragmentos (1.087 ítems/km²) y los films (1.075 ítems/km²). Destacar que en la muestra TTA se ha detectado en la muestra un filamento negro de grandes dimensiones y en la muestra TTB se presenta un film plástico (imagen 9.4 y 9.5 del anexo 2).

Tabla 4.9: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Tavernes

| TRANSECTO TAVERNES | MACROPLÁSTICOS TOTALES | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|--------------------|------------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TTA | 3.170 | 0 | 1.270 | 1.900 | 0 |
| TTB | 5.870 | 3.262 | 1.956 | 652 | 0 |
| TTC | 2.380 | 0 | 0 | 2.380 | 0 |
| Valores medios | 3.807 | 1.087 | 1.075 | 1.644 | 0 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 81,41% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 10.662.711,89 mg/km². Destacar que en el transecto TTB se encontró una medusa.

Tabla 4.10: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Tavernes.

| TRANSECTO TAVERNES RÉPLICA A | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 44.952,38 | 635 | 0,2248 | 0,00 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 99,78% | 4,46% | 6.310.158,73 | 3.175 | 31,5508 | 0,02 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 0,16% | 72,32% | 10.158,73 | 51.429 | 0,0508 | 0,26 |
| <i>Films</i> | 0,03% | 8,04% | 2.349,21 | 5.714 | 0,0117 | 0,03 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 63,49 | 0 | 0,0003 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 0,02% | 13,39% | 1.142,86 | 9.524 | 0,0057 | 0,05 |
| <i>Foams</i> | 0,01% | 1,79% | 380,95 | 1.270 | 0,0019 | 0,01 |
| Total microplásticos | 0,22% | 95,54% | 14.095,24 | 67.937 | 0,0704 | 0,35 |

Tabla 4.11: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Tavernes.

| TRANSECTO TAVERNES RÉPLICA B | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 31.943.183,30 | 5.219 | 159,7159 | 0,03 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 89,65% | 4,62% | 233.463,80 | 5.871 | 1,1673 | 0,03 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 8,37% | 79,48% | 21.787,35 | 101.109 | 0,1089 | 0,51 |
| <i>Films</i> | 1,18% | 5,64% | 3.065,88 | 7.175 | 0,0153 | 0,04 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 0,50% | 8,72% | 1.304,63 | 11.089 | 0,0065 | 0,06 |
| <i>Foams</i> | 0,30% | 1,54% | 782,78 | 1.957 | 0,0039 | 0,01 |
| Total microplásticos | 10,35% | 95,38% | 26.940,64 | 121.330 | 0,1346 | 0,62 |

Tabla 4.12: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Tavernes.

| TRANSECTO TAVERNES RÉPLICA C | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 99,13% | 1,12% | 761.488,10 | 2.381 | 3,8074 | 0,01 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 0,72% | 79,78% | 5.535,71 | 169.048 | 0,0277 | 0,85 |
| <i>Films</i> | 0,00% | 2,25% | 0,00 | 4.762 | 0,0000 | 0,02 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |

| TRANSECTO TAVERNES RÉPLICA C | | | | | | |
|------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 0,09% | 15,73% | 654,76 | 33.333 | 0,0033 | 0,17 |
| Foams | 0,06% | 1,12% | 476,19 | 2.381 | 0,0024 | 0,01 |
| Total microplásticos | 0,87% | 98,88% | 6.666,66 | 209.524 | 0,0334 | 1,05 |

4.1.4. TRANSECTO XERACO

En el transecto Xeraco se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.13, 4.14, 4.15 y 4.16). Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 189.679 ítems/km² (22.258,88 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con 154.478 ítems/km² (18.748,45 mg/km²), seguida de la fracción de filamentos con una densidad media de 16.130 ítems/km² (1.032,15 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se obtuvo una densidad media de 5.255 ítems/km² representando un 2,70 % de los ítems plásticos totales y 47.405,50 mg/km² representando 68,05% del peso total plástico de la muestra. En este transecto la fracción mayoritaria fueron los films con 2.518 ítems/km² (imagen 9.6 del anexo 2). Destacar que en la muestra TXB no tiene presencia de macroplásticos.

Tabla 4.13: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Xeraco

| TRANSECTO XERACO | MACROPLÁSTICOS TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|------------------|----------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TXA | 12.700 | 4.444 | 5.716 | 2.540 | 0 |
| TXB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TXC | 3.070 | 0 | 1.839 | 1.231 | 0 |
| Valores medios | 5.257 | 1.481 | 2.518 | 1.257 | 0 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 15,92% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 8.973,54 mg/km². Destacar que en el transecto TXB y TXC no hubo presencia de elementos macroscópicos animales ni vegetales.

Tabla 4.14: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Xeraco.

| TRANSECTO XERACO RÉPLICA A | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 26.920,63 | 10.794 | 0,1346 | 0,05 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 33,43% | 7,09% | 22.412,70 | 12.698 | 0,1121 | 0,06 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 57,28% | 74,47% | 38.412,70 | 133.333 | 0,1921 | 0,67 |
| Films | 5,21% | 9,94% | 3.492,06 | 17.778 | 0,0175 | 0,09 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,35% | 0,00 | 635 | 0,0000 | 0,00 |

| TRANSECTO XERACO RÉPLICA A | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Filamentos | 2,56% | 5,67% | 1.714,29 | 10.159 | 0,0086 | 0,05 |
| Foams | 1,52% | 2,48% | 1.015,87 | 4.444 | 0,0051 | 0,02 |
| Total microplásticos | 66,57% | 92,91% | 44.634,92 | 166.349 | 0,2233 | 0,83 |

Tabla 4.15: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Xeraco.

| TRANSECTO XERACO RÉPLICA B | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 79,51% | 79,72% | 10.536,52 | 111.829 | 0,0527 | 0,56 |
| Films | 9,76% | 2,30% | 1.292,82 | 3.232 | 0,0065 | 0,02 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 4,88% | 11,53% | 646,41 | 16.160 | 0,0032 | 0,08 |
| Foams | 5,85% | 6,45% | 775,69 | 9.050 | 0,0039 | 0,05 |
| Total microplásticos | 100,00% | 100,00% | 13.251,44 | 140.271 | 0,0663 | 0,71 |

Tabla 4.16: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Xeraco.

| TRANSECTO XERACO RÉPLICA C | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 93,09% | 1,15% | 119.803,80 | 3.066 | 0,5990 | 0,02 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 5,67% | 82,22% | 7.296,14 | 218.271 | 0,0365 | 1,09 |
| Films | 0,43% | 6,47% | 551,81 | 17.167 | 0,0028 | 0,09 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,05% | 0,00% | 61,31 | 0 | 0,0003 | 0,00 |
| Filamentos | 0,57% | 8,31% | 735,74 | 22.072 | 0,0037 | 0,11 |
| Foams | 0,19% | 1,85% | 245,25 | 4.905 | 0,0012 | 0,02 |
| Total microplásticos | 6,91% | 98,85% | 8.890,25 | 262.415 | 0,0445 | 1,31 |

4.1.5. TRANSECTO SERPIS

Se procede a presentar los resultados obtenidos en el transecto Serpis para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20). Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 1.004.753 ítems/km² (275.794,23 mg/km²), siendo la fracción más abundante los foams con valor medio de 558.221 ítems/km² (195.505,48 mg/km²), seguida de la fracción de fragmentos con 405.310 ítems/km² (70.295,78 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se obtuvo una densidad media de 9.306 ítems/km² representando un 0,92% de los ítems plásticos totales y 362.850,76 mg/km² representando 56,82% del peso total plástico de la muestra. Destacar la presencia de foam en el transecto como la fracción más abundante de macroplásticos con una densidad de 4.094 ítems/km² (imagen 9.7 del anexo 2).

Tabla 4.17: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Serpis

| TRANSECTO SERPIS | MACROPLÁSTICO TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|------------------|---------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TSeA | 5.100 | 0 | 0 | 1.913 | 3.187 |
| TSeB | 20.970 | 5.242 | 1.966 | 5.898 | 7.864 |
| TSeC | 1.850 | 0 | 0 | 618 | 1.232 |
| Valores medios | 9.307 | 1.747 | 655 | 2.810 | 4.094 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 15,89% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 68.538,59 mg/km². Indicar que en el transecto TSeC no hubo elementos macroscópicos animales ni vegetales.

Tabla 4.18: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Serpis.

| TRANSECTO SERPIS RÉPLICA A | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 5.484,69 | 4.464 | 0,0274 | 0,02 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 38,57% | 1,34% | 77.551,02 | 5.102 | 0,3878 | 0,03 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 4,34% | 24,71% | 8.737,24 | 93.750 | 0,0437 | 0,47 |
| <i>Films</i> | 1,84% | 4,54% | 3.705,36 | 17.219 | 0,0185 | 0,09 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 4,20% | 0,00 | 15.944 | 0,0000 | 0,08 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 3,70% | 0,00 | 14.031 | 0,0000 | 0,07 |
| <i>Filamentos</i> | 0,76% | 2,35% | 1.530,61 | 8.929 | 0,0077 | 0,04 |
| <i>Foams</i> | 54,49% | 59,16% | 109.566,33 | 224.490 | 0,5478 | 1,12 |
| Total microplásticos | 61,43% | 98,66% | 123.539,54 | 374.363 | 0,6177 | 1,87 |

Tabla 4.19: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Serpis.

| TRANSECTO SERPIS RÉPLICA B | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 200.131,06 | 24.902 | 1,0007 | 0,12 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 48,77% | 0,97% | 660.878,11 | 20.970 | 3,3044 | 0,10 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 14,53% | 39,30% | 196.854,52 | 851.245 | 0,9843 | 4,26 |
| <i>Films</i> | 1,44% | 1,51% | 19.593,71 | 32.765 | 0,0980 | 0,16 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 0,35% | 0,70% | 4.718,22 | 15.072 | 0,0236 | 0,08 |

| TRANSECTO SERPIS RÉPLICA B | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| <i>Foams</i> | 34,91% | 57,52% | 473.132,37 | 1.245.740 | 2,3657 | 6,23 |
| Total microplásticos | 51,23% | 99,03% | 694.298,82 | 2.144.822 | 3,4716 | 10,73 |

Tabla 4.20: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Serpis.

| TRANSECTO SERPIS RÉPLICA C | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| <i>Restos vegetales y/o animales</i> | - | - | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 97,35% | 0,37% | 350.123,15 | 1.847 | 1,7506 | 0,01 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 1,47% | 54,52% | 5.295,57 | 270.936 | 0,0265 | 1,35 |
| <i>Films</i> | 0,09% | 0,50% | 307,88 | 2.463 | 0,0015 | 0,01 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 0,03% | 3,47% | 123,15 | 17.241 | 0,0006 | 0,09 |
| <i>Foams</i> | 1,06% | 41,14% | 3.817,73 | 204.433 | 0,0191 | 1,02 |
| Total microplásticos | 2,65% | 99,63% | 9.544,33 | 495.073 | 0,0477 | 2,47 |

4.1.6. TRANSECTO PILES

Se procede a presentar los resultados obtenidos en el transecto Piles para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.21, 4.22, 4.23 y 4.24). Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 94.532 ítems/km² (5.987,92 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con 63.619 ítems/km² (4.130,41 mg/km²), seguida de la fracción filamentos con una densidad media de 20.457 ítems/km² (564,29 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se observó una densidad media de 1.375 ítems/km² representando un 1,43% de los ítems plásticos totales y 9.639,48 mg/km² representando 61,68% del peso total plástico de la muestra. La fracción macroplástica más abundante en el transecto fueron los filamentos con un valor medio de 984 ítems/km² (imagen 9.8 del anexo 2). Indicar que en el transecto TPA no hubo elementos macroscópicos plásticos y la ausencia de macro films y macro foams en todas las réplicas.

Tabla 4.21: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Piles

| TRANSECTO PILES | MACROPLÁSTICO TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|-----------------|---------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TPA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TPB | 2.390 | 597 | 0 | 1.793 | 0 |
| TPC | 1.740 | 582 | 0 | 1.158 | 0 |
| Valores medios | 1.377 | 393 | 0 | 984 | 0 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 82,00% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 43.901,53 mg/km².

Tabla 4.22: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Piles.

| TRANSECTO PILES RÉPLICA A | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 6.603,38 | 3.538 | 0,0330 | 0,02 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 34,94% | 48,65% | 1.709,80 | 31.838 | 0,0085 | 0,16 |
| Films | 1,21% | 0,90% | 58,96 | 590 | 0,0003 | 0,00 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 8,43% | 45,04% | 412,71 | 29.479 | 0,0021 | 0,15 |
| Foams | 55,42% | 5,41% | 2.712,10 | 3.538 | 0,0136 | 0,02 |
| Total microplásticos | 100,00% | 100,00% | 4.893,57 | 65.445 | 0,0245 | 0,33 |

Tabla 4.23: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Piles.

| TRANSECTO PILES RÉPLICA B | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 0,00 | 4.782 | 0,0000 | 0,02 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 0,00% | 3,10% | 0,00 | 2.391 | 0,0000 | 0,01 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 92,44% | 68,22% | 6.575,01 | 52.600 | 0,0329 | 0,26 |
| Films | 1,68% | 1,55% | 119,55 | 1.195 | 0,0006 | 0,01 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 3,36% | 26,36% | 239,09 | 20.323 | 0,0012 | 0,10 |
| Foams | 2,52% | 0,77% | 179,32 | 598 | 0,0009 | 0,00 |
| Total microplásticos | 100,00% | 96,90% | 7.112,97 | 74.716 | 0,0356 | 0,37 |

Tabla 4.24: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Piles.

| TRANSECTO PILES RÉPLICA C | | | | | | |
|-------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 125.101,21 | 2.313 | 0,6255 | 0,01 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 82,92% | 1,20% | 28.918,45 | 1.735 | 0,1446 | 0,01 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 11,77% | 73,31% | 4.106,42 | 106.420 | 0,0205 | 0,53 |
| Films | 0,00% | 1,58% | 0,00 | 2.313 | 0,0000 | 0,01 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,17% | 0,00% | 57,84 | 0 | 0,0003 | 0,00 |
| Filamentos | 2,98% | 7,97% | 1.041,06 | 11.567 | 0,0052 | 0,06 |
| Foams | 2,16% | 15,94% | 751,88 | 23.135 | 0,0038 | 0,12 |
| Total microplásticos | 17,08% | 98,80% | 5.957,20 | 143.435 | 0,0298 | 0,72 |

4.1.7. TRANSECTO OLIVA NOVA

Los resultados obtenidos en el transecto Oliva Nova para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.25, 4.26, 4.27 y 4.28) son los siguientes. Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 129.465 ítems/km² (43.229,43 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con un valor medio de 84.732 ítems/km² (13.885,22 mg/km²), seguida de la fracción filamentos con 39.751 ítems/km² (11.207,62 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** la densidad media que se obtuvo fue de 422 ítems/km² representando un 0,32% de los ítems plásticos totales y 2.871,32 mg/km² representando 6,23% del peso total plástico de la muestra. Indicar que en réplica TOA no hubo elementos macroscópicos plásticos y en todo el transecto no se detectaron ni films ni foams. Los valores medios de fragmentos y filamentos fueron semejantes 213 y 207 ítems/km² respectivamente (imagen 9.9 del anexo 2).

Tabla 4.25: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Oliva Nova

| TRANSECTO OLIVA NOVA | MACROPARTÍCULAS TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|----------------------|-----------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TOA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOB | 620 | 0 | 0 | 620 | 0 |
| TOC | 640 | 640 | 0 | 0 | 0 |
| Valores medios | 420 | 213 | 0 | 207 | 0 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 97,47% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 110.803,94 mg/km². Indicar que en la muestra TOA y TOC había mucha presencia de fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*).

Tabla 4.26: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Oliva Nova.

| TRANSECTO OLIVA NOVA RÉPLICA A | | | | | | |
|--------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 269.775,13 | 14.550 | 1,3489 | 0,07 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 23,34% | 49,44% | 25.793,65 | 58.862 | 0,1290 | 0,29 |
| Films | 23,52% | 0,56% | 25.992,06 | 661 | 0,1300 | 0,00 |
| Pellets | 6,22% | 0,00% | 6.878,31 | 0 | 0,0344 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 27,83% | 50,00% | 30.753,97 | 59.524 | 0,1538 | 0,30 |
| Foams | 19,09% | 0,00% | 21.097,88 | 0 | 0,1055 | 0,00 |
| Total microplásticos | 100,00% | 100,00% | 110.515,87 | 119.047 | 0,5527 | 0,59 |

Tabla 4.27: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Oliva Nova.

| TRANSECTO OLIVA NOVA RÉPLICA B | | | | | | |
|--------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 8.260,87 | 11.801 | 0,0413 | 0,06 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 4,35% | 0,54% | 248,45 | 621 | 0,0012 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 78,26% | 68,82% | 4.472,05 | 79.503 | 0,0224 | 0,40 |
| Films | 3,26% | 0,54% | 186,34 | 621 | 0,0009 | 0,00 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 13,04% | 18,27% | 745,34 | 21.118 | 0,0037 | 0,11 |
| Foams | 1,09% | 11,83% | 62,11 | 13.665 | 0,0003 | 0,07 |
| Total microplásticos | 95,65% | 99,46% | 5.465,84 | 114.907 | 0,0273 | 0,58 |

Tabla 4.28: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Oliva Nova.

| TRANSECTO OLIVA NOVA RÉPLICA C | | | | | | |
|--------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 54.375,80 | 19.305 | 0,2719 | 0,10 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 37,90% | 0,41% | 8.365,51 | 644 | 0,0418 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 51,60% | 74,69% | 11.389,96 | 115.830 | 0,0569 | 0,58 |
| Films | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Pellets | 0,29% | 0,00% | 64,35 | 0 | 0,0003 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 9,63% | 24,90% | 2.123,55 | 38.610 | 0,0106 | 0,19 |
| Foams | 0,58% | 0,00% | 128,70 | 0 | 0,0006 | 0,00 |
| Total microplásticos | 62,10% | 99,59% | 13.706,56 | 154.440 | 0,0684 | 0,77 |

4.1.8. TRANSECTO DEVESES

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el transecto Deveses para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.29, 4.30, 4.31 y 4.32). Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 337.642 ítems/km² (32.131,52 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con un valor medio de 259.637 ítems/km² (26.757,37 mg/km²), seguida de la fracción filamentos con 35.828 ítems/km² (975,06 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se obtuvo una densidad media de 20.635 ítems/km² representando un 5,76% de los ítems plásticos totales y 284.943,31 mg/km² representando 89,87% del peso total plástico de la muestra. La fracción macroplástica más abundante fueron los films con una densidad de 14.058 ítems/km² (imagen 9.10 y 9.11 del anexo 2). Indicar que en el transecto TDC no hubo elementos macroscópicos plásticos.

Tabla 4.29: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Deveses

| TRANSECTO DEVESES | MACROPLÁSTICO TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|-------------------|---------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TDA | 53.740 | 6.122 | 38.775 | 6.803 | 2.041 |
| TDB | 8.160 | 0 | 3.400 | 4.760 | 0 |
| TDC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Valores medios | 20.633 | 2.041 | 14.058 | 3.854 | 680 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 99,21% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 35.801.950,11 mg/km². Indicar que en la muestra TDA, TDB y TDC hay una elevada presencia de fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*.) siendo la primera de ellas la más abundante (imagen 9.12 del anexo 2).

Tabla 4.30: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Les Deveses.

| TRANSECTO LES DEVESES RÉPLICA A | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 46.578.979,59 | nota ¹ | 232,8949 | nota ¹ |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 93,90% | 16,46% | 767.687,07 | 53.741 | 3,8384 | 0,27 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 4,85% | 67,71% | 39.659,86 | 221.088 | 0,1983 | 1,11 |
| Films | 1,08% | 9,57% | 8.843,54 | 31.293 | 0,0442 | 0,16 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,21% | 0,00 | 680 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 0,16% | 5,42% | 1.292,52 | 17.687 | 0,0065 | 0,09 |
| Foams | 0,01% | 0,63% | 68,03 | 2.041 | 0,0003 | 0,01 |
| Total microplásticos | 6,10% | 83,54% | 49.863,95 | 272.789 | 0,2493 | 1,37 |

Nota¹: La cantidad de fanerógamas durante la obtención de la muestra fue muy elevada, requiriéndose 4 frascos para almacenar la muestra. No se contabilizaron las hojas que se procesaron por eso no hay valor en ítems.

Tabla 4.31: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Les Deveses.

| TRANSECTO LES DEVESES RÉPLICA B | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 11.441.836,73 | nota ² | 57,2092 | nota ² |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 68,80% | 1,36% | 87.142,86 | 8.163 | 0,4357 | 0,04 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 28,20% | 76,47% | 35.714,29 | 459.864 | 0,1786 | 2,30 |
| Films | 1,72% | 5,88% | 2.176,87 | 35.374 | 0,0109 | 0,18 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 1,02% | 9,50% | 1.292,52 | 57.143 | 0,0065 | 0,29 |
| Foams | 0,26% | 6,79% | 340,14 | 40.816 | 0,0017 | 0,20 |

| TRANSECTO LES DEVESES RÉPLICA B | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Total microplásticos | 31,20% | 98,64% | 39.523,82 | 593.197 | 0,1977 | 2,97 |

Nota²: La cantidad de fanerógamas obtenida fue muy elevada, requiriéndose 2 frascos para almacenar la muestra. No se contabilizaron las hojas que se procesaron por eso no hay valor en ítems.

Tabla 4.32: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Les Deveses.

| TRANSECTO LES DEVESES RÉPLICA C | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 49.385.034,01 | nota ³ | 246,9252 | nota ³ |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| Fragmentos | 69,90% | 66,67% | 4.897,96 | 97.959 | 0,0245 | 0,49 |
| Films | 13,59% | 3,70% | 952,38 | 5.442 | 0,0048 | 0,03 |
| Pellets | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Gránulos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Filamentos | 4,86% | 22,22% | 340,14 | 32.653 | 0,0017 | 0,16 |
| Foams | 11,65% | 7,41% | 816,33 | 10.884 | 0,0041 | 0,05 |
| Total microplásticos | 100,00% | 100,00% | 7.006,81 | 146.938 | 0,0351 | 0,73 |

Nota³: La cantidad de fanerógamas durante la obtención de la muestra fue muy elevada, requiriéndose 2 frascos para almacenar la muestra. No se contabilizaron las hojas que se procesaron por eso no hay valor en ítems.

4.1.9. TRANSECTO PUNTA MOLINS

Los resultados obtenidos en el transecto Punta Molins para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.33, 4.34, 4.35 y 4.36) pasan a detallarse a continuación. Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 188.354 ítems/km² (37.269,00 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con un nivel medio de 123.582 ítems/km² (24.069,10 mg/km²), seguida de la fracción foams con 43.993 ítems/km² (8.795,67 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se obtuvo una densidad media de 5.608 ítems/km² representando un 2,89% de los ítems plásticos totales y 662.887,28 mg/km² representando 94,68% del peso total plástico de la muestra. La fracción con mayor representación en los macroplásticos fueron los fragmentos con una densidad media de 3.339 ítems/km². Indicar que en el transecto TMoC hay un fragmento plástico grande (imagen 9.13 del anexo 2), además de la ausencia de foams en todas las réplicas del transecto.

Tabla 4.33: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Punta Molins

| TRANSECTO PUNTA MOLINS | MACROPLÁSTICOS TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|------------------------|----------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TMoA | 1.420 | 0 | 0 | 1.420 | 0 |
| TMoB | 6.800 | 3.400 | 2.040 | 1.360 | 0 |
| TMoC | 8.600 | 6.616 | 661 | 1.323 | 0 |

| TRANSECTO PUNTA MOLINS | MACROPLÁSTICOS TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|------------------------|----------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| Valores medios | 5.607 | 3.339 | 900 | 1.368 | 0 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 92,81% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 8.557.882,10 mg/km². Indicar que en la muestra TMoA, TMoB y TMoC hay presencia de fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*).

Tabla 4.34: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Punta Molins.

| TRANSECTO PUNTA MOLINS RÉPLICA A | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 492.807,29 | 55.547,64 | 2,4640 | 0,2777 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 42,34% | 1,98% | 4.130,47 | 1.424 | 0,0207 | 0,01 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 27,74% | 76,24% | 2.706,17 | 54.835 | 0,0135 | 0,27 |
| <i>Films</i> | 26,27% | 3,96% | 2.563,74 | 2.849 | 0,0128 | 0,01 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 3,65% | 15,84% | 356,07 | 11.394 | 0,0018 | 0,06 |
| <i>Foams</i> | 0,00% | 1,98% | 0,00 | 1.424 | 0,0000 | 0,01 |
| Total microplásticos | 57,66% | 98,02% | 5.625,98 | 70.502 | 0,0281 | 0,35 |

Tabla 4.35: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Punta Molins.

| TRANSECTO PUNTA MOLINS RÉPLICA B | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 800.680,27 | 31.293 | 4,0034 | 0,16 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 47,53% | 1,58% | 76.462,59 | 6.803 | 0,3823 | 0,03 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 33,83% | 59,02% | 54.421,77 | 253.741 | 0,2721 | 1,27 |
| <i>Films</i> | 3,76% | 6,01% | 6.054,42 | 25.850 | 0,0303 | 0,13 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 1,61% | 3,48% | 2.585,03 | 14.966 | 0,0129 | 0,07 |
| <i>Foams</i> | 13,27% | 29,91% | 21.360,54 | 128.571 | 0,1068 | 0,64 |
| Total microplásticos | 52,47% | 98,42% | 84.421,76 | 423.128 | 0,4221 | 2,11 |

Tabla 4.36: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Punta Molins.

| TRANSECTO PUNTA MOLINS RÉPLICA C | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| Restos vegetales y/o animales | - | - | 24.380.158,73 | 23.148 | 121,9008 | 0,12 |

| TRANSECTO PUNTA MOLINS RÉPLICA C | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 98,87% | 10,74% | 1.908.068,78 | 8.598 | 9,5403 | 0,04 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 0,78% | 77,69% | 15.079,37 | 62.169 | 0,0754 | 0,31 |
| <i>Films</i> | 0,04% | 4,13% | 793,65 | 3.307 | 0,0040 | 0,02 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,02% | 1,65% | 198,41 | 1.323 | 0,0010 | 0,01 |
| <i>Filamentos</i> | 0,03% | 3,31% | 661,38 | 2.646 | 0,0033 | 0,01 |
| <i>Foams</i> | 0,26% | 2,48% | 5.026,46 | 1.984 | 0,0251 | 0,01 |
| Total microplásticos | 1,13% | 89,26% | 21.759,27 | 71.429 | 0,1088 | 0,36 |

4.1.10. TRANSECTO DENIA

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el transecto Denia para cada una de las 3 réplicas (tablas 4.37, 4.38, 4.39 y 4.40). Para este transecto la densidad media de **microplásticos** totales fue de 140.260 ítems/km² (23.250,84 mg/km²), siendo la fracción más abundante los fragmentos con un valor medio de 117.307 ítems/km² (20.143,65 mg/km²), seguida de la fracción filamentos con 14.854 ítems/km² (1.559,97 mg/km²).

En cuanto a los **macroplásticos** se observó una densidad media de 3.026 ítems/km² representando un 2,11% de los ítems plásticos totales y 32.268,51 mg/km² representando 58,12% del peso total plástico de la muestra. Para este transecto la fracción macroplástica más abundante fueron los filamentos con una densidad de 1.514 ítems/km² (imagen 9.14 del anexo 2). La fracción fragmentos no fue detectada en ninguna réplica. Indicar que en el transecto TSB no presentó plástico macroscópico.

Tabla 4.37: Niveles de partículas macroscópicas (ítems/km²) presentes en las réplicas del transecto Denia

| TRANSECTO DENIA | MACROPLÁSTICO TOTAL | NIVELES DE PARTÍCULAS >5 mm (ítems/km ²) | | | |
|-----------------|---------------------|--|-------------|------------------|-------------|
| | | Macro fragmentos | Macro films | Macro filamentos | Macro foams |
| TSA | 6.580 | 0 | 1.314 | 3.292 | 1.975 |
| TSB | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TSC | 2.500 | 0 | 1.250 | 1.250 | 0 |
| Valores medios | 3.027 | 0 | 855 | 1.514 | 658 |

Los restos vegetales y animales macroscópicos identificados en la muestra representaron 99,34% en peso de los elementos macroscópicos con una densidad de 4.823.555,24 mg/km². Indicar que en la muestra TSA, TSB y TSC hay presencia de fanerógamas marinas (*Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*).

Tabla 4.38: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica A del transecto Denia.

| TRANSECTO DENIA RÉPLICA A | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| <i>Restos vegetales y/o animales</i> | - | - | 7.621.922,32 | 45.424,62 | 38,1096 | 0,2271 |

| TRANSECTO DENIA RÉPLICA A | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 22,14% | 5,85% | 10.467,41 | 6.583 | 0,0523 | 0,03 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 68,11% | 55,56% | 32.192,23 | 62.541 | 0,1610 | 0,31 |
| <i>Films</i> | 3,76% | 9,35% | 1.777,49 | 10.533 | 0,0089 | 0,05 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 3,76% | 22,81% | 1.777,49 | 25.675 | 0,0089 | 0,13 |
| <i>Foams</i> | 2,23% | 6,43% | 1.053,32 | 7.242 | 0,0053 | 0,04 |
| Total microplásticos | 77,86% | 94,15% | 36.800,53 | 105.991 | 0,1841 | 0,53 |

Tabla 4.39: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica B del transecto Denia.

| TRANSECTO DENIA RÉPLICA B | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| <i>Restos vegetales y/o animales</i> | - | - | 3.346.747,15 | 49.631 | 16,7337 | 0,25 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 91,26% | 91,19% | 23.809,52 | 159.624 | 0,1190 | 0,80 |
| <i>Films</i> | 0,00% | 0,38% | 0,00 | 671 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 1,80% | 6,51% | 469,48 | 11.402 | 0,0023 | 0,06 |
| <i>Foams</i> | 6,94% | 1,92% | 1.810,87 | 3.353 | 0,0091 | 0,02 |
| Total microplásticos | 100,00% | 100,00% | 26.089,87 | 175.050 | 0,1304 | 0,88 |

Tabla 4.40: Resultados en peso y nº de partículas para la réplica C del transecto Denia.

| TRANSECTO DENIA RÉPLICA C | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | % peso respecto al total muestra plástica | % ítems respecto al total muestra plástica | NIVELES DE PARTÍCULAS | | | |
| | | | (mg/km ²) | (ítems/km ²) | (mg/m ³) | (ítems/m ³) |
| <i>Restos vegetales y/o animales</i> | - | - | 3.501.996,26 | 21.834 | 17,5100 | 0,11 |
| MACRO | | | | | | |
| Macroplásticos | 92,64% | 1,75% | 86.338,12 | 2.495 | 0,4317 | 0,01 |
| MICRO | | | | | | |
| <i>Fragmentos</i> | 4,75% | 91,24% | 4.429,20 | 129.757 | 0,0221 | 0,65 |
| <i>Films</i> | 0,00% | 1,75% | 0,00 | 2.495 | 0,0000 | 0,01 |
| <i>Pellets</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Gránulos</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| <i>Filamentos</i> | 2,61% | 5,26% | 2.432,94 | 7.486 | 0,0122 | 0,04 |
| <i>Foams</i> | 0,00% | 0,00% | 0,00 | 0 | 0,0000 | 0,00 |
| Total microplásticos | 7,36% | 98,25% | 6.862,14 | 139.738 | 0,0343 | 0,70 |

4.2 CARACTERÍSTICAS ABIÓTICAS DE LAS ZONAS DE MUESTREO

Los resultados obtenidos de las mediciones del CTD en el inicio y final de la primera réplica de cada transecto se muestran en la tabla 4.41. Los datos que se presentan son los de la capa superficial de la masa de agua a una profundidad máxima de 1 m, siendo la capa afectada por el muestreo.

En términos generales se aprecia que los puntos cercanos a la costa presentan valores de salinidad menores que los puntos más alejados de la misma, y que los transectos TM costa y TSe costa fueron los que presentaron mayor influencia continental por el aporte de aguas dulces.

Los valores de temperatura oscilaron entre 26,382 °C de mínima y 28,103 °C de máxima.

Tabla 4.41: Resultados de las mediciones de las variables abióticas para cada transecto.

| Punto | Transecto | Localización | Conductividad (mS/cm) | Profundidad (m) | Temperatura (°C) | Salinidad (PSU) |
|------------|-----------|--------------|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Cullera | 1_TC | costa | 58,983 | 0,87 | 27,442 | 37,384 |
| Cullera | 1_TC | mar | 59,239 | 0,81 | 26,988 | 37,936 |
| Marenyet | 2_TM | costa | 58,621 | 0,91 | 28,103 | 36,604 |
| Marenyet | 2_TM | mar | 59,504 | 0,90 | 27,44 | 37,758 |
| Tavernes | 3_TT | costa | 59,322 | 0,85 | 26,97 | 38,011 |
| Tavernes | 3_TT | mar | 59,232 | 0,98 | 26,879 | 38,019 |
| Xeraco | 4_TX | costa | 58,942 | 0,71 | 27,108 | 37,623 |
| Xeraco | 4_TX | mar | 59,381 | 0,92 | 27,192 | 37,871 |
| Serpis | 5_TSe | costa | 58,049 | 0,89 | 26,998 | 37,068 |
| Serpis | 5_TSe | mar | 58,532 | 0,67 | 26,821 | 37,56 |
| Piles | 6_TP | costa | 59,119 | 0,80 | 26,738 | 38,054 |
| Piles | 6_TP | mar | 59,209 | 0,71 | 26,777 | 38,087 |
| Oliva Nova | 7_TO | costa | 59,272 | 0,91 | 26,834 | 38,086 |
| Oliva Nova | 7_TO | mar | 59,272 | 0,78 | 26,895 | 38,036 |
| Deveses | 8_TD | costa | 59,051 | 0,90 | 26,639 | 38,086 |
| Deveses | 8_TD | mar | 58,905 | 0,92 | 26,586 | 38,024 |
| P. Molins | 9_TMo | costa | 59,098 | 0,80 | 26,709 | 38,063 |
| P. Molins | 9_TMo | mar | 59,002 | 0,87 | 26,608 | 38,075 |
| Denia | 10_TS | costa | 59,218 | 0,83 | 26,908 | 37,986 |
| Denia | 10_TS | mar | 58,647 | 0,91 | 26,382 | 38,003 |

4.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

El test de Kruskal-Wallis realizado para microplásticos totales indicó que existen diferencias estadísticamente significativas (p -valor=0,038) entre los transectos. Elaborado el gráfico caja bigotes (anexo 1, gráfico 8.1) no se observaron con claridad los transectos con diferencias significativas. A partir de los gráficos LSD se pudo determinar que TSe y TM presentaron diferencias con todos los transectos menos con TD (anexo 1, gráfico 8.2).

En el caso de los films, el test de Kruskal-Wallis indicó que existen diferencias estadísticamente significativas (p -valor=0,0104) entre los transectos. Elaborado el gráfico caja bigotes (anexo 1, gráfico 8.3) no se observaron con claridad los transectos con diferencias significativas. A partir de los gráficos LSD se pudo determinar que TM presenta diferencias respecto a todos los transectos (anexo 1, gráfico 8.4).

Para el resto de las fracciones, el test de Kruskal-Wallis indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los transectos con un 95,0% de confianza. Para fragmentos el p -valor fue de 0,1147, para pellets, p -valor fue de 0,4373, para gránulos el p -valor fue de 0,5460, para filamentos el p -valor fue de 0,1681. Finalmente para la fracción foams, el p -valor fue 0,1141.

Los resultados que se obtuvieron al realizar el análisis de correlación de Spearman mostraron una correlación media significativa entre ítems de macroplásticos totales y microplásticos totales 0,4431 con un p -valor de 0,0170.

La correlación entre ítems de microplásticos totales y los microfragmentos fue alta, de 0,9288 con un p -valor de 0,0000. El resultado muestra una correlación positiva significativa indicando que la presencia de microplásticos está relacionada con la presencia de fragmentos microplásticos con un nivel del 95% de confianza. Para la fracción films microplásticos también se presentó una correlación estadísticamente significativa de 0,6378 con un p -valor de 0,0006 y para los foams microplásticos una correlación de 0,6232 con un p -valor de 0,0008.

Los resultados para los ítems macroplásticos y sus fracciones también presentaron correlaciones altas. La correlación entre macroplásticos totales y los macro fragmentos fue de 0,7127 con un p -valor de 0,0001. Con los macro films fue de 0,8491 con un p -valor de 0,0000 y con macro filamentos fue de 0,8718 con un p -valor de 0,0000.

Analizando la correlación para los ítems de la fracción macroplástica de los fragmentos y los microfragmentos se observó una correlación de 0,4473 con un p -valor de 0,0160. En cambio la correlación para los ítems de macro films y micro films fue estadísticamente significativa 0,6574 con un p -valor de 0,0004. Finalmente la correlación de los ítems de macro foams y micro foams presentó un valor de 0,4637 y un p -valor de 0,0125.

5. DISCUSIÓN

Los niveles de microplásticos totales que se han obtenido en la zona de estudio oscilaron entre un mínimo de 94.532 ítems/km² para la media de las réplicas del transecto Piles y un máximo de 996.462 ítems/km² (media) en el transecto Serpis, presentándose un valor medio de todos los transectos de la zona de estudio de 329.541 ítems/km².

Estudios realizados en diferentes zonas del Mediterráneo muestran valores que han ido en aumento con los años. En 2010, a partir de 40 muestreos realizados en el noreste del Mediterráneo, establecieron una densidad media de 116.000 ítems/km² con un valor máximo de 360.000 ítems/km² (Collignon *et al.*, 2012). Más tarde en 2012, de 41 muestreos realizados en otra zona del Mediterráneo central y oriental (Golfo de León, Islas Baleares, Córcega y Cerdeña), se observaron valores medios de 130.000 ítems/km² con valores máximos de 420.000 ítems/km² (Faure *et al.*, 2015). En 2013 se realizaron muestreos en varios puntos del Mediterráneo centro-oriental, estableciéndose valores de 243.853 ítems/km² a partir de 39 muestras (Cózar *et al.*, 2015). El mismo año, otro estudio donde se analizaron 71 muestreos en la zona del Mediterráneo oriental, tuvo como resultado un valor máximo de 1.164.403 ítems/km² con un valor medio de 147.500 ítems/km² (Ruiz-Orejón, Sardá and Ramis-Pujol, 2016). También en el Mediterráneo oriental, en la zona del Adriático, resultado de 74 muestreos, se obtuvo un valor medio de 1.250.000 ítems/km² (Suaria *et al.*, 2016). En zonas protegidas del Norte del Mediterráneo, Santuario de Pelagos, se han detectado valores de 82.000 ítems/km² (Fossi *et al.*, 2017).

Por lo tanto, los valores obtenidos en el sector sur del Golfo de Valencia presentaron el mismo orden de magnitud que los publicados por diversos autores en el Mediterráneo. Cabe destacar la ausencia de publicaciones sobre estimaciones de microplásticos en la costa Mediterránea de la Península Ibérica, por lo que este estudio tan solo puede compararse con datos del Mediterráneo central y oriental.

Cózar *et al.* (2015) sugieren que la acumulación de plástico en el mar Mediterráneo probablemente se debe tanto a una importante entrada de plástico desde la costa como a una entrada de plásticos flotantes desde el Atlántico. La pauta de circulación general en el Mediterráneo implica una entrada de aguas superficiales desde el Atlántico y una salida de aguas profundas en el Estrecho de Gibraltar, convirtiéndolo en un sumidero de la contaminación plástica flotante atlántica.

En comparación con otras partes del mundo, la situación es bastante mejor, sobre todo si se compara con las niveles de microplásticos que se ha publicado del centro del giro del Pacífico Norte con valores medios de 448.000 ítems/km² (con un máximo de 6.553 millones de ítems/km²) y para el giro del Atlántico Norte valores máximos 580.000 ítems/km² en 2009 (Goldstein, Titmus and Ford, 2013). Modelos actuales están estimando que las densidades en estos giros están en órdenes de magnitud de millones de ítems por km² (van Sebille *et al.*, 2015), llegando en algunos casos a estimar unos 334 millones de ítems/km² en el giro del Pacífico Norte (Avio, Gorbi and Regoli, 2016). Sin embargo, en lugares como el giro del Pacífico Sur los niveles de microplásticos son de 26.898 ítems/km² (Avio, Gorbi and Regoli, 2016) mostrando el Mediterráneo una situación más grave que en este giro.

En cuanto a los niveles en peso de los microplásticos, el valor medio máximo se obtuvo en el transecto Serpis con una densidad de 275.794,23 mg/km², mientras que el mínimo de 5.987,92 mg/km² se observó en el transecto Piles. El valor medio de la densidad de toda la zona de estudio fue de 69.371,52 mg/km².

Los valores publicados por diferentes autores establecen niveles medios de 423.000 mg/km² (Cózar *et al.*, 2015), 187.000 mg /km² (Faure *et al.*, 2015), 579.300 mg/km² (Ruiz-Orejón, Sardá and Ramis-Pujol, 2016) y 671.000 mg/km² (Suaria *et al.*, 2016) en diferentes zonas del Mediterráneo central y oriental. Por lo tanto, el valor medio de la zona estudiada se presenta por debajo de los valores medios publicados por la mayoría de los autores, pero muy parecido al de Faure *et al.* (2015), el cual concluye que al encontrar en su composición partículas más ligeras, la densidad media en masa es menor que en otros estudios publicados. Es por tanto, que la variabilidad en los resultados podría deberse a la distinta composición de los materiales plásticos presentes en cada lugar.

Aunque el presente trabajo se ha centrado en la estimación de los niveles de microplásticos, incluir en el mismo las estimaciones de elementos macroscópicos se justifica porque son la fuente principal de los microplásticos en el medio marino (microplásticos secundarios). Al analizar las muestras, aquellas que presentaban más ítems de macroplásticos fueron las que mostraron mayores niveles de microplásticos ($r = 0,443$ y $p = 0,017$).

La cantidad máxima en peso de elementos plásticos con dimensiones mayores a los 5 mm se presentó en el transecto Tavernes con una densidad media de 2.435,04 g/km² y una mínima de 2,87 g/km² en el transecto Oliva. La densidad media de toda la zona de estudio fue de 484,66 g/km².

Los valores obtenidos están próximos a los valores máximos que detectó Faure *et al.* (2015), con niveles de 500 g/km² y un mínimo de 3,5 g/km². Los valores promedio que estimó en su zona de estudio fue de 125 g/km², por lo tanto la zona del estudio presenta valores superiores a los publicados por este autor. Pero en comparación a estimaciones de macroplásticos en el Mediterráneo publicadas por otros autores como Eriksen *et al.* (2014) con niveles de 106·10⁸g/km², los de nuestra zona de estudio son bastante bajos, y muy por debajo de los valores estimados en el Giro del Pacífico Norte con 734·10⁸g/km² o el giro del Atlántico Norte con 467·10⁸g/km² (Eriksen *et al.*, 2014).

Expresado en número de partículas de macroplásticos por km², el transecto Deveses fue el más denso con una media de 20.635 ítems/km² y el menos fue el transecto Oliva con 422 ítems/km². La densidad media en la zona de estudio fue de 7.283 ítems/km². Estudios sobre los macroplásticos en el Mediterráneo (Fossi *et al.*, 2017) determinaron valores medios de 175,24 ítems/km² en zonas protegidas de la zona norte, mientras que en puntos más orientales muestran valores de 194,6 ítems/km² (Suaria *et al.*, 2016). Estos niveles mucho más bajos que presentan los estudios son consecuencia de la metodología empleada en el análisis, en la que las estimaciones se realizaron a partir muestreos visuales realizados desde el barco, mientras que en nuestro caso son a partir de los macroplásticos capturados con la red manta.

Los resultados obtenidos se aproximan a los publicados por Faure *et al.* (2015) el cual estima una densidades máxima de 21.000 ítems/km² de partículas de más de 5mm, con un mínimo de 310 ítems/km² y un valor medio de 5.700 ítems/km², el cual realiza un protocolo de muestreo semejante al realizado en el presente estudio.

Si se compara con densidades de macroplásticos obtenidos de modelos de simulación como el de Eriksen et al. (2014), nuestros datos presentan un grado de contaminación menor. El modelo estima una cantidad de 400 millones de ítems/km² para el Mediterráneo, de 3.000 millones de ítems/km² para el giro del Pacífico Norte o 2.000 millones de ítems/km² para el giro del Atlántico Norte.

En lo referente a la composición de las muestras, la fracción mayoritaria de ítems microplásticos fueron los fragmentos con una media de 65,95% en el conjunto de los transectos, seguido de los foams (20,42%) y los filamentos y films en proporción semejante (7,31% y 6,28% respectivamente) (gráfico 5.1). Los pellets han tenido una escasa presencia muy puntual solo en el transecto Cullera. Los gránulos tan solo se han presentado en la mitad de los transectos.

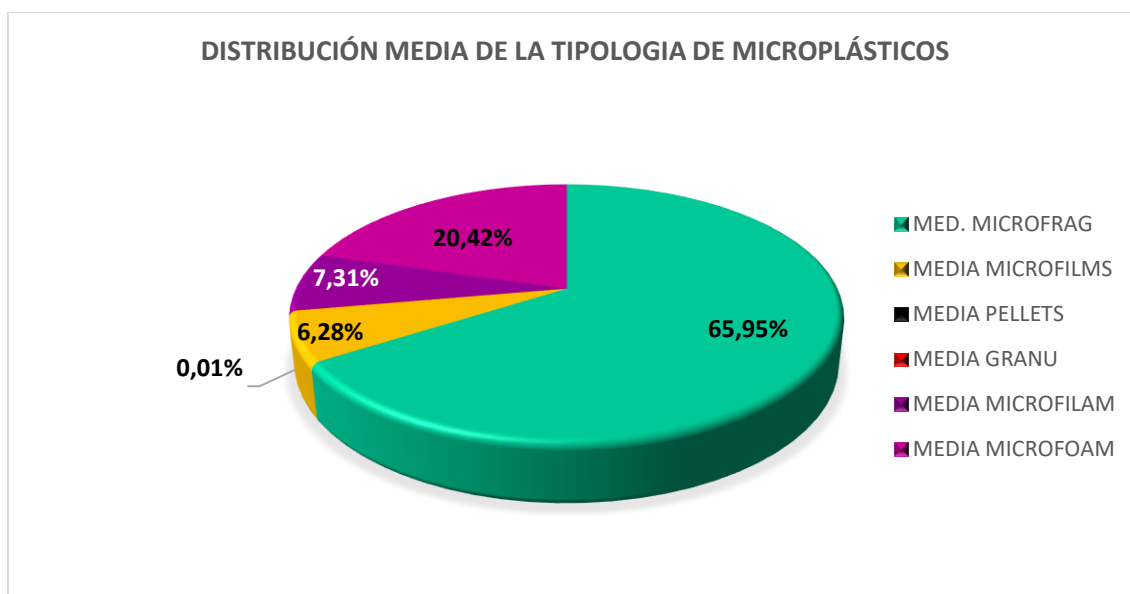


Gráfico 5.1: Distribución de las densidades medias de ítems/km² para los microplásticos

Los resultados obtenidos concuerdan con los publicados por diferentes autores para el Mediterráneo. Faure et al. (2015) determinan que los fragmentos son la fracción mayoritaria en ítems microscópicos (73%), seguida de los films con un 14%, foams (5%), filamentos (2%) y pellets (1%). Cózar et al. (2015) obtienen que el 87,7% de los microplásticos identificados eran fragmentos, seguidos de un 5,9% de films y 2,3% de foams y con tan solo un 1,8% de pellets y gránulos. Suaria et al. (2016) establece que un 93,2% de los microplásticos identificados eran fragmentos, seguidos en su caso de foams con un 3,1% y films con un 1,6%. Sus resultados muestran que el 2,2% de los pellets. Por lo tanto, la distribución de la composición de la zona de estudio concuerda mayoritariamente con los resultados de otros autores, resaltando que la fracción minoritaria varía en función de las actividades industriales y usos que se desarrollen en las zonas costeras que vierten al mar.

Para los elementos macroscópicos la fracción mayoritaria de ítems estuvo repartida entre los fragmentos con un 39,80% y los filamentos con un 30,32%, seguido de films con un 21,02%. El foam fue el menos abundante con un 8,87% (gráfico 5.2).

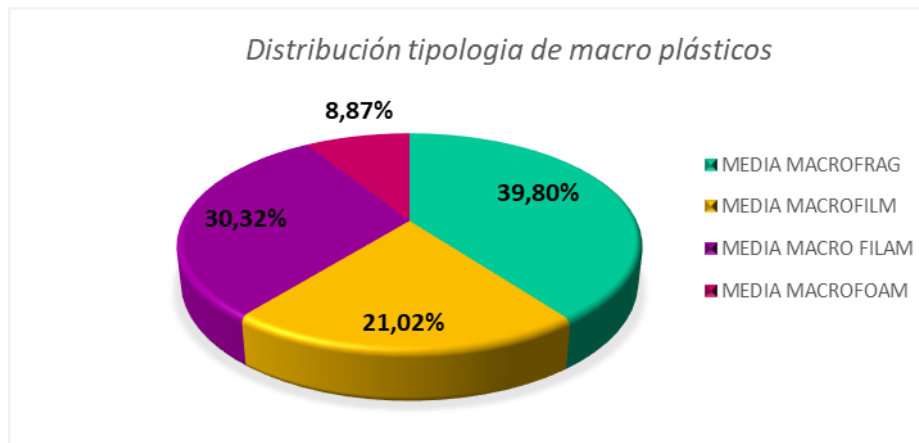


Gráfico 5.2: Distribución de las densidades medias de ítems/km² para los macroplásticos

En comparación con la distribución de los ítems macroplásticos publicados por autores los valores son semejantes. Cózar et al. (2015) la obtuvieron como fracción mayoritaria los fragmentos 87,7% y un 5,9% de films. Faure et al. (2015) obtuvieron unos resultados para ítems donde predominaban los films en un 45%, seguido de los fragmentos con un 33% y los filamentos con un 20%.

Indicar que en la clasificación macroscópica no se incluyen los pellets porque se fabrican con dimensiones entre 2-5 mm (Auta, Emenike and Fauziah, 2017; Rojo Nieto and Montoto, 2017). Ni tampoco los gránulos porque los autores no los identifican en la fracción macroscópica.

El análisis de la correlación entre las variables permitió establecer una relación entre ítems de una fracción macroplástica y su correspondiente fracción microplástica. Estableciéndose una correlación media para films ($r= 0,6574$ y p -valor de 0,0004), mientras que para fragmentos ($r= 0,4473$ y p -valor de 0,0160) y foams ($r= 0,4637$ y p -valor de 0,0125), la correlación fue menor.

En cuanto a la distribución espacial, los transectos con mayor densidad de microplásticos fueron Serpis y Marenyet con una media de 996.462 ítems/km² y 909.679 ítems/km² respectivamente, coincidiendo con puntos de desembocadura de los dos principales cursos fluviales de la zona de estudio. Estos puntos mostraron valores significativamente mayores al resto de los transectos analizados, a excepción de Deveses. Los puntos con menor densidad de microplásticos fueron Piles y Oliva Nova con una densidad media 94.532 y 129.465 ítems/km² respectivamente, mostrándose grandes diferencias entre los máximos y los mínimos de hasta cerca de un orden de magnitud.

Los transectos de la zona de muestreo presentaron una pauta similar en cuanto a la composición microplástica (gráfico 5.3), siendo fracción mayoritaria en todos los transectos los fragmentos, menos en el Serpis donde los valores de foams fueron superiores.

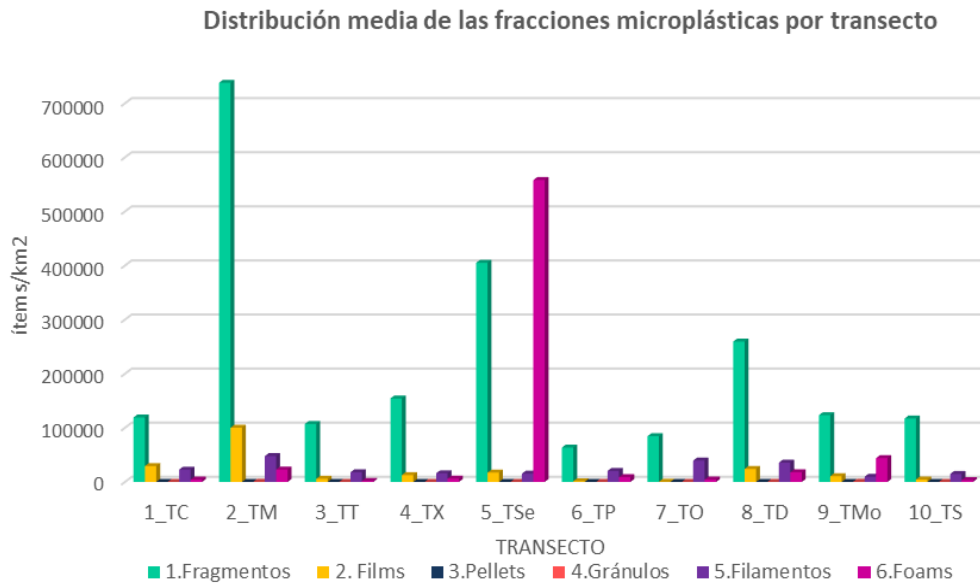


Gráfico 5.3: Composición microplástica media por cada transecto de la zona de muestreo

Los films tuvieron representación en todos los transectos al igual que los filamentos y los foams, pero su abundancia relativa varió en función del transecto. Los pellets y gránulos fueron poco abundantes, tan solo se identificaron en transectos puntuales como es el caso de pellets en el transecto Cullera o gránulos en Cullera, Tavernes, Serpis, Denia y Punta Molins.

En cuanto a la composición macroplástica en ítems, no hubo ninguna tendencia general (gráfica 5.4). En algunos, la fracción de macro films fueron más numerosos (Cullera, Denia y Xeraco). En otros transectos, la fracción mayoritaria la presentaron los fragmentos (Marenyet, Serpis y Punta Molins). Destacable es la densidad de foam en el transecto Serpis, en mayor abundancia que en el resto de los transectos.

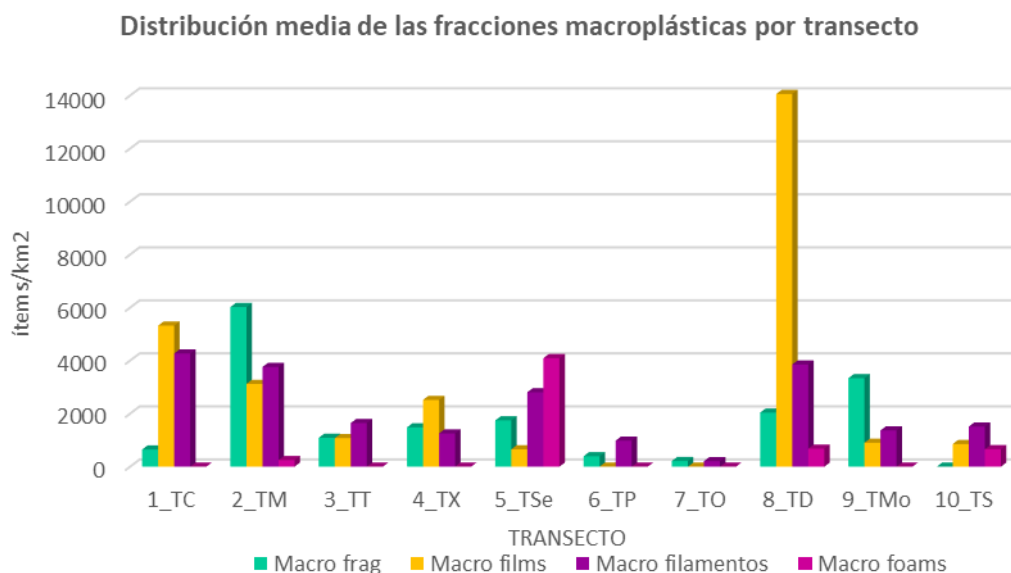


Gráfico 5.4: Composición en función de los valores medios de macroplásticos en los transectos de la zona de estudio

Las mediciones realizadas con el CTD mostraron que los transectos con mayores de microplásticos, Marenyet y Serpis, presentaron una salinidad inferior al resto. Esto confirmaría la influencia de la entrada de agua dulce procedente de los aportes fluviales, y por lo tanto como potenciales entradas de microplásticos en el medio marino (Anderson *et al.*, 2016)

6. CONCLUSIONES

1. Este trabajo proporciona, por primera vez, valores de microplásticos en el sector sur del Golfo de Valencia y en la costa mediterránea de la Península Ibérica. Los valores de microplásticos encontrados son coherentes con un sistema con elevada contaminación por microplásticos, manteniendo órdenes de magnitud similares a otras zonas del Mediterráneo, siendo en general inferiores a otras zonas estudiadas en el Mediterráneo central y oriental.
2. Se ha constatado la correlación existente entre la presencia de macroplásticos y microplásticos, puesto que el fuente de los residuos puede ser la misma y la mayoría de los microplásticos son producto de la fragmentación de los macroplásticos (microplásticos secundarios).
3. Los elementos plásticos más numerosos han sido los microplásticos, con una densidad media de 329.541 ítems/km², mientras que el mayor peso lo presenta los macroplásticos con un valor promedio de 484,66 g/km².
4. Respecto a la tipología de los microplásticos (fragmentos, films, pellets, gránulos, filamentos y foams) todos han sido encontrados. La fracción mayoritaria de ítems microplásticos fueron los fragmentos, con una media de 65,95% en el conjunto de los transectos, seguido de los foams (20,42%) y los filamentos (7,31%) y films en proporción semejante (6,28%). Los pellets han tenido una escasa presencia muy puntual solo en el transecto Cullera y los gránulos tan solo se han presentado en la mitad de los transectos.
5. Se ha constatado diferencias de hasta cerca de un orden de magnitud en la abundancia de ítems entre los dos puntos con mayor densidad de microplásticos (Serpis y Marenyet con una media de 996.462 ítems/km² y 909.679 ítems/km² respectivamente) y los que presentan la menor densidad (Piles y Oliva Nova con una densidad media 94.532 y 129.465 ítems/km² respectivamente). Las mayores densidades coinciden con las áreas influidas por las principales desembocaduras fluviales de la zona, río Júcar y río Serpis. Mientras que las menores densidades se encuentran en las zonas más alejadas de la influencia de estas escorrentías superficiales.
6. El procedimiento de identificación y cuantificación de la fracción microplástica ha sido muy laborioso. La gran cantidad de fitoplancton y zooplancton presente en las muestras dificultaba la identificación. Proceder a digerir la materia orgánica antes de la conservación de la muestra implicaría reducir el volumen de la misma y facilitar la identificación del material microplástico.

7. BIBLIOGRAFÍA

À Punt. (2018) *À Punt - 27.11.2018 | Terra Viva*. Available at: <https://apuntmedia.es/va/a-la-carta/programes/vist-en-tv/terra-viva/27-11-2018-terra-viva> (Accessed: 3 December 2018).

Ajuntament d'Oliva (2017) *Recursos Hídricos | Ajuntament d'Oliva*. Available at: <https://oliva.es/es/areas/territorio/medio-ambiente/cicle-integral-de-laigua/recursos-hidricos/> (Accessed: 30 November 2018).

Anderson, A. G. *et al.* (2016) 'Microplastics in personal care products: Exploring perceptions of environmentalists, beauticians and students', *Marine Pollution Bulletin*. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.10.048.

Anderson, J. C., Park, B. J. and Palace, V. P. (2016) 'Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems', *Environmental Pollution*. doi: 10.1016/j.envpol.2016.06.074.

Andrady, A. L. (2011) 'Microplastics in the marine environment', *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), pp. 1596–1605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.

Arthur, C., Baker, J. E. . 1959- and Bamford, H. A. (2009) 'Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA'. Available at: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/2509> (Accessed: 7 December 2018).

Auta, H. S., Emenike, C. U. and Fauziah, S. H. (2017) 'Distribution and importance of microplastics in the marine environment A review of the sources, fate, effects, and potential solutions', *Environment International*. doi: 10.1016/j.envint.2017.02.013.

Avio, C. G., Gorbi, S. and Regoli, F. (2016) 'Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat'. doi: 10.1016/j.marenvres.2016.05.012.

Ballesteros, B. and Rodríguez, L. (no date) *MODELO HIDROGEOLOGICO DEL ACUÍFERO PEGO-OLIVA (Fase I, régimen estacionario), IGME*. Available at: http://info.igme.es/SidPDF/140000/623/140623_0000002.pdf (Accessed: 30 November 2018).

Bergmann, M., Gutow, L. and Klages, M. (2015) *Marine anthropogenic litter, Marine Anthropogenic Litter*. doi: 10.1007/978-3-319-16510-3.

Cole, M. *et al.* (2011) 'Microplastics as contaminants in the marine environment: A review', *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), pp. 2588–2597. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025.

Collignon, A. *et al.* (2012) 'Neustonic microplastic and zooplankton in the North Western Mediterranean Sea', *Marine Pollution Bulletin*. Pergamon, 64(4), pp. 861–864. doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2012.01.011.

Cózar, A. *et al.* (2014) 'Plastic debris in the open ocean', *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi: 10.1073/pnas.1314705111.

Cózar, A. *et al.* (2015) 'Plastic accumulation in the Mediterranean sea.', *PloS one*. Public Library of Science, 10(4), p. e0121762. doi: 10.1371/journal.pone.0121762.

Deudero, S. and Alomar, C. (2015) 'Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species', *Marine Pollution Bulletin*. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.07.012.

Eriksen, M. *et al.* (2014) 'Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea', *PLOS ONE*. Public Library of Science, 9(12), p. e111913. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>.

Faure, F. *et al.* (2015) 'An evaluation of surface micro- and mesoplastic pollution in pelagic ecosystems of the Western Mediterranean Sea', *Environmental Science and Pollution Research*, 22(16), pp. 12190–12197. doi: 10.1007/s11356-015-4453-3.

Fossi, M. C. *et al.* (2017) 'Plastic Debris Occurrence, Convergence Areas and Fin Whales Feeding Ground in the Mediterranean Marine Protected Area Pelagos Sanctuary: A Modeling Approach', *Frontiers in Marine Science*. Frontiers, 4, p. 167. doi: 10.3389/fmars.2017.00167.

Frias, J. P. G. L. and Nash, R. (2019) 'Microplastics: Finding a consensus on the definition', *Marine Pollution Bulletin*. Pergamon, 138, pp. 145–147. doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2018.11.022.

Gadea, I. (2016) *Determinación de la influencia de los factores ambientales en las proliferaciones algales fitoplanctónicas en la zona costera de Gandía*. Universidad Politécnica de Valencia. Available at: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/63677/-GADEA - Determinación de la influencia de los factores ambientales en las proliferaciones algales](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/63677/-GADEA-Determinación%20de%20la%20influencia%20de%20los%20factores%20ambientales%20en%20las%20proliferaciones%20algales). (Accessed: 30 November 2018).

Generalitat Valenciana (2016) 'Pat infraestructura verda del litoral de la comunitat valenciana. Valores del paisaje cuantitativos y cualitativos.', in *PAT Infraestructura verde del litoral de la Comunitat Valenciana*.

GESAMP (2015) *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment, Reports and studies*. doi: 10.13140/RG.2.1.3803.7925.

Goldstein, M. C., Rosenberg, M. and Cheng, L. (2012) 'Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect.', *Biology letters*. The Royal Society, 8(5), pp. 817–20. doi: 10.1098/rsbl.2012.0298.

Goldstein, M. C., Titmus, A. J. and Ford, M. (2013) 'Scales of Spatial Heterogeneity of Plastic Marine Debris in the Northeast Pacific Ocean', *PLoS ONE*. Edited by J. Hewitt. Public Library of Science, 8(11), p. e80020. doi: 10.1371/journal.pone.0080020.

Grupo especial de expertos de composición abierta sobre basura marina y los microplásticos. Primera reunión (2018) *Recopilación de las resoluciones de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente relativas a la basura marina y los microplásticos*. Nairobi. Available at: https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/unep_aheg_2018_inf2_unea_resolutions_sp.pdf (Accessed: 25 November 2018).

Kovač Viršek, M. *et al.* (2016) 'Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis', *Journal of Visualized Experiments*, (118). doi: 10.3791/55161.

De la Cruz, I. (2018) *Más de 100.000 animales marinos mueren cada año por la contaminación plástica en el mar - Fundación*. Available at: <https://fundacionbosquesagradosdominicana.org/alrededor-de-100-000-animales-marinos-mueren-cada-ano-por-la-contaminacion-plastica-en-el-mar/> (Accessed: 26 November 2018).

Lebreton, C.-M., Greer, S. D. and Borrero, J. C. (2012) 'Numerical modelling of floating debris in the worlds oceans', *Marine Pollution Bulletin*, 64, pp. 653–661. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.10.027.

Lebreton, L. *et al.* (2018) 'Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic', *Scientific Reports*, 8(1), p. 4666. doi: 10.1038/s41598-018-22939-w.

Liebmann, B. and Schwabl, P. (no date) *Microplastics detected in humans for the first time | MedUni Vienna*. Available at: <https://www.meduniwien.ac.at/web/en/about-us/news/detailsite/news-im-oktober-2018/microplastics-detected-in-humans-for-the-first-time/> (Accessed: 26 November 2018).

NOAA's Ocean Service. US Department of Commerce (2018) *Impacts | OR&R's Marine Debris Program*. Available at: <https://marinedebris.noaa.gov/discover-issue/impacts> (Accessed: 26 November 2018).

Nuñez, R. (2017) *Estudio de impacto ambiental de la presa de Benifairó de la Valldigna, TM de Simant de la Valldigna y Benifairó de la Valldigna (Valencia). Estudio sobre el medio biótico*. Valencia. Available at: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87482/01_MEMORIA.pdf (Accessed: 30 November 2018).

Ocean Find your Blue. Smithsonian (no date) *Laysan Albatrosses' Plastic Problem | Smithsonian Ocean*. Available at: <https://ocean.si.edu/ocean-life/seabirds/laysan-albatrosses-plastic-problem> (Accessed: 30 November 2018).

Peeken, I. *et al.* (2018) 'Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic', *Nature Communications*. Nature Publishing Group, 9(1), p. 1505. doi: 10.1038/s41467-018-03825-5.

Rojo Nieto, E. and Montoto, T. (2017) *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Edited by E. en Acción. Available at: <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-basuras-marinas.pdf> (Accessed: 25 November 2018).

Ruiz-Orejón, L. F., Sardá, R. and Ramis-Pujol, J. (2016) 'Floating plastic debris in the Central and Western Mediterranean Sea', *Marine Environmental Research*, 120, pp. 136–144. doi: 10.1016/j.marenvres.2016.08.001.

Schmidt, C., Krauth, T. and Wagner, S. (2017) 'Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea', *Environmental Science & Technology*, 51(21), pp. 12246–12253. doi: 10.1021/acs.est.7b02368.

Smith, Kat. (no date). *This Image Shows Why Sea Turtles Are Confusing Plastic Bags for Jellyfish - One Green Planet*. Available at: <http://www.onegreenplanet.org/news/what-a-plastic-bag-looks-like-to-a-sea-turtle/> (Accessed: 30 November 2018).

Sospedra, J. (2014) *Flujos de oxígeno y nutrientes entre sedimento y columna de agua: caso de las arenas finas infralitorales. Tesis doctoral*. Valencia. Available at: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48466/Sospedra - Flujos de oxígeno y nutrientes entre sedimento y columna de agua. A caso de las arenas finas](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48466/Sospedra-Flujos%20de%20ox%C3%ADgeno%20y%20nutrientes%20entre%20sedimento%20y%20columna%20de%20agua.%20A%20caso%20de%20las%20arenas%20finas%20infralitorales). (Accessed: 1 December 2018).

Suaria, G. *et al.* (2016) 'The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters', *Scientific Reports*. Nature Publishing Group, 6(1), p. 37551. doi: 10.1038/srep37551.

Thompson, R. C. *et al.* (2004) 'Lost at Sea: Where Is All the Plastic?', *Science*, 304(5672), pp. 838–838. doi: 10.1126/science.1094559.

van Sebille, E. *et al.* (2015) 'A global inventory of small floating plastic debris', *Environmental Research Letters*. IOP Publishing, 10(12), p. 124006. doi: 10.1088/1748-9326/10/12/124006.

Worm, B. *et al.* (2017) 'Plastic as a Persistent Marine Pollutant', *Annual Review of Environment and Resources*. doi: 10.1146/annurev-environ-102016-060700.