

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ciencias Ambientales



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Fuentes de microplásticos marinos en el entorno de Gandía”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:

Nerea Castillejo Martínez

Tutor/a:

Silvia Laura Falco Giaccaglia

Núria Felis Reig

GANDIA, 2019

RESUMEN

Los mares y océanos son un recurso fundamental para la vida de las especies marinas, actualmente uno de los problemas presentes en este ecosistema son las basuras marinas, las cuales están formadas mayoritariamente por residuos plásticos. En el presente TFG se pretende cuantificar las posibles fuentes de microplásticos presentes en el medio marino del entorno de Gandía. Para realizar el estudio, se procedió a muestrear tres transectos perpendiculares a la línea de costa (frente a la desembocadura del río Serpis en la playa de Marenys de Rafalcaid, Xeraco y Piles), además de otro en el interior del Puerto de Gandía. Estos 4 transectos fueron muestreados por triplicado. También se cuantificaron los microplásticos en una muestra tomada en la desembocadura del río Serpis después de un episodio de intensas precipitaciones a través de la filtración de 1.000 L de agua. Los resultados obtenidos en los transectos marinos presentan un valor promedio promedio de 244.726 ítems/km² (1,22 ítems/m³), valores similares a los obtenidos en otros estudios de la zona del Mediterráneo. En el Puerto de Gandía, se obtuvo un valor promedio de 4,31 ítems/m³, el cual fue superado por el río Serpis que mostró un valor promedio de 175 ítems/m³.

PALABRAS CLAVE: microplásticos, contaminación, basuras marinas, Gandía, Mediterráneo.

ABSTRACT

Seas and oceans are a fundamental resource for the life of marine species, currently one of the problems present in this ecosystem are marine litter, which are mostly made up of plastic waste. This TFG aims to quantify the possible sources of microplastics present in the marine environment of the Gandía environment. To carry out the study, three transects perpendicular to the coastline (in front of the mouth of the Serpis River on the beach of Marenys de Rafalcaid, Xeraco and Piles) were sampled, as well as another in the interior of the Port of Gandía. These four transects were sampled in triplicate. Microplastics were also quantified in a sample taken at the mouth of the Serpis River after an episode of intense precipitation through the filtration of 1.000 L of water. The results obtained in marine transects have an average value of 244.726 items/km² (1,22 items/m³), values similar to those obtained in other studies in the Mediterranean area. In the Port of Gandía, an average value of 4,31 items/m³ was obtained, which was surpassed by the Serpis River which showed an average value of 175 items/m³.

KEY WORDS: microplastics, pollution, marine waste, Gandía, Mediterranean.

ÍNDICE

ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS	4
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 BASURA MARINA.....	6
1.2 MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS	6
1.3 FUENTES DE MICROPLÁSTICOS EN EL ENTORNO MARINO	7
1.4 EFECTOS DE LOS MICROPLÁSTICOS	8
1.5 MICROPLÁSTICOS EN EL MEDITERRÁNEO.....	9
1.6 ANTECEDENTES Y MOTIVOS DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.....	10
2. OBJETIVOS	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	13
3.2 PROTOCOLO DE MUESTREO.....	15
3.3 ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS	19
3.4 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	25
4. RESULTADOS	26
4.1 TRANSECTO PILES.....	26
4.2 TRANSECTO XERACO	27
4.4 TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID	29
4.3 TRANSECTO PUERTO DE GANDÍA.....	31
4.5 MUESTREO DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO SERPIS	33
4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	33
5. DISCUSIÓN.....	37
6. CONCLUSIONES	43
7. BIBLIOGRAFÍA.....	44
8. ANEXO I: RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48

ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Figura 1.1: Ejemplo de diferentes tipos de microplásticos. Fuente: Paul-Pont (2018) y Samantha Jonscher (2019).	6
Figura 1.2: Esquema de las fuentes de plásticos en el mundo. Fuente: WWF (2018).	7
Figura 1.3 :Esquema de las posibles fuentes de microplásticos. Fuente: Peter J. Kershaw (UNEP, 2016).	8
Figura 3.1: Localización de las zonas estudiadas. Fuente: ArcGis.	14
Figura 3.2: Materiales necesarios para el muestreo.	15
Figura 3.3: Disposición de la red manta en el transecto Piles.	16
Figura 3.4: Disposición de la red manta en el interior del Puerto de Gandía.	17
Figura 3.5: A la izquierda, recogida de la red manta en el transecto Piles, a la derecha en el interior del Puerto de Gandía.	17
Figura 3.6: Desembocadura del río Serpis en abril 2019 después de las intensas precipitaciones.	18
Figura 3.7: Contenido y limpieza de la muestra del transecto Puerto de Gandía 1.	20
Figura 3.8: Identificación de un macroplástico (filamento) de la muestra del transecto Puerto de Gandía 2 y su conservación.	20
Figura 3.9: Macroresiduo presente en la muestra del transecto Puerto de Gandía 1.	21
Figura 3.10: Muestras del transecto Xeraco.	21
Figura 3.11: Material necesario para la identificación de los materiales plásticos.	22
Figura 3.12: Cuarteo e identificación de la muestra del transecto Piles 2.	23
Figura 3.13: Ejemplo de microplásticos de la muestra del transecto Piles 3 y comparación del tamaño de un material plástico de la muestra de la desembocadura del Serpis.	23
Figura 3.14: Identificación de la muestra de la desembocadura del Serpis y tubos Eppendorf.	24
Figura 3.15: Desecador y pesado de los tubos Eppendorf.	24
Figura 3.16: Anova simple.	25
Figura 4.1: Gráfico Tukey HDS de la variable independiente de microplásticos totales en ítem/m ³	34
Figura 4.2: Gráfico Tukey HDS de la variable independiente de fragmentos en ítem/m ³	35
Figura 4.3: Gráfico Tukey HDS de la variable independiente de films en ítem/m ³	35
Figura 4.4: Gráfico Tukey HDS de la variable independiente de filamentos en ítem/m ³	36
Figura 5.1: Comparación de los tres transectos marinos en ítems/m ³	38
Figura 5.2: Comparación en ítems/m ³ de la desembocadura del río Serpis con el Puerto de Gandía.	39
Figura 5.3: Promedio de las tipologías de microplásticos en ítems/m ³ de los transectos marinos.	41
Figura 5.4: Promedio en ítems/m ³ de las tipologías de la desembocadura del río Serpis y el Puerto de Gandía.	42
Tabla 3.1: Características del transecto Piles.	18
Tabla 3.2: Características del transecto Puerto de Gandía.	19
Tabla 3.3: Características del transecto Xeraco.	19
Tabla 3.4: Características del transecto Marenys de Rafalcaid.	19
Tabla 3.5: Características del muestreo puntual en el tramo final de la desembocadura del río Serpis.	19
Tabla 4.1: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Piles.	26
Tabla 4.2: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Piles.	26

Tabla 4.3: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Piles.	27
Tabla 4.4: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Piles.	27
Tabla 4.5: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Xeraco.	28
Tabla 4.6: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Xeraco.	28
Tabla 4.7: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Xeraco.	28
Tabla 4.8: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Xeraco.....	29
Tabla 4.9: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.....	29
Tabla 4.10: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.....	30
Tabla 4.11: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.....	30
Tabla 4.12: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.	30
Tabla 4.13: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.	31
Tabla 4.14: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.	31
Tabla 4.15: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.	32
Tabla 4.16: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.....	32
Tabla 4.17: Peso y número de partículas de la Desembocadura del río Serpis.	33
Tabla 4.18: Datos de las variables independientes con diferencias significativas.	34
Tabla 5.1: Comparación del nº de ítems de microplásticos en el transecto Marenys de Rafalcaid (presente trabajo) con los del transecto Serpis (Felis,2018).....	38
Tabla 5.2: Cálculo del flujo (ítem/año) del río Serpis y el Puerto de Gandía.	40

1. INTRODUCCIÓN

1.1 BASURA MARINA

En el océano, se acumulan varios tipos de residuos, conocidos como basuras marinas. Esto incluye metales, vidrio, cerámica, textiles y papel o madera, sin embargo, la fracción más grande y probablemente más dañina de la basura marina son los desechos plásticos (Schneider et al., 2018).

Se estima que aproximadamente entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de materiales plásticos entran al océano procedente de fuentes terrestres (Jambeck et al., 2015). La alta acumulación de materiales plásticos se debe a su resistencia a la degradación, lo que ocasiona que la mayoría de los residuos plásticos persistan en el medio ambiente durante siglos y puedan ser transportados lejos de su origen, recorriendo largas distancias en el mar por acción del viento y de las corrientes marinas (Li et al., 2016).

El plástico representa entre el 60%-80% de toda la basura marina del mundo y su diferente tipología es muy amplia, pudiéndose encontrar desde microesferas utilizadas en cosméticos, fibras textiles, pellets industriales, bolsas, botellas, juguetes, redes de pesca fantasma y boyas junto con los fragmentos procedentes de la ruptura de todo tipo de plásticos (Barboza et al; 2019).

1.2 MICROPLÁSTICOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS

Los microplásticos fueron definidos por Arthur et al. (2009) como aquellas partículas con un diámetro menor a 5 mm. Más tarde, Verschoor (2015) añadió a la definición el concepto de partículas sólidas, insolubles en agua y cuya degradabilidad es baja.

La definición más actual es la que proponen Frias y Nash (2019): “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”. En la figura 1.1, se muestran algunos ejemplos de microplásticos.



Figura 1.1: Ejemplo de diferentes tipos de microplásticos. Fuente: Paul-Pont (2018) y Samantha Jonscher (2019).

Los microplásticos se clasifican en dos subcategorías, los microplásticos primarios y los secundarios, la diferencia entre ellos la explica claramente Germanov et al. (2018):

Los microplásticos primarios son los que se fabrican directamente con un tamaño inferior a 5 mm, normalmente se añaden a los productos de cuidado personal (por ejemplo, limpiadores faciales y pasta de dientes). Los pellets de plástico (2-5 mm) también son microplásticos primarios utilizados para la fabricación de artículos de plástico.

En cambio, los microplásticos secundarios se forman por la fragmentación de artículos plásticos más grandes (> 5 mm de tamaño) como consecuencia de la exposición ambiental a la radiación ultravioleta (luz solar), química (agua salada), biológica (microorganismos) y/o mecánica (acción del viento y las olas).

1.3 FUENTES DE MICROPLÁSTICOS EN EL ENTORNO MARINO

Aproximadamente el 80% de los plásticos presentes en el océano, proceden de fuentes terrestres, el restante 20% se genera en el propio océano (Barboza et al., 2019). En la figura 1.2 se muestra un esquema de la situación actual y el futuro previsto sobre las entradas de plásticos a los océanos.

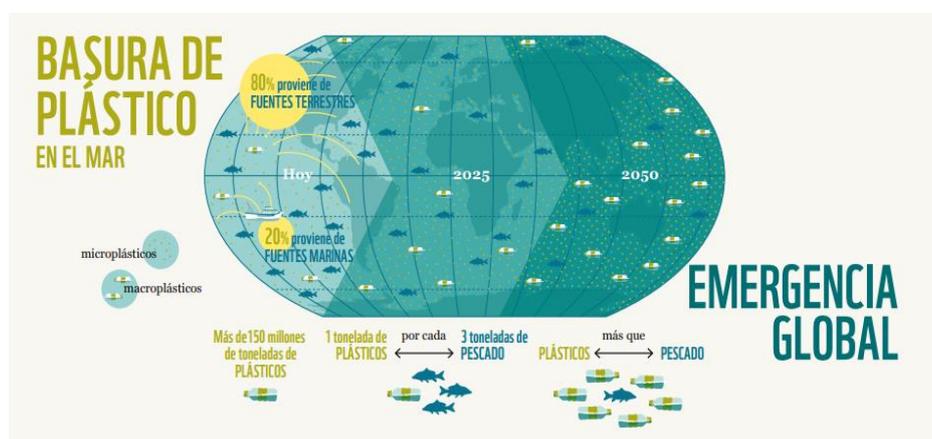


Figura 1.2: Esquema de las fuentes de plásticos en el mundo. Fuente: WWF (2018).

Entre las entradas producidas desde fuentes terrestres, los objetos de plástico más numerosos provienen de los desechos de construcción, residuos derivados del turismo costero, las actividades agrícolas y del envasado de productos de alimentación y bebida. En cambio, los generados en el entorno marino son producidos por las actividades pesqueras, el turismo náutico y de transporte marítimo (Rojo-Nieto y Montoto Martínez, 2017).

En concreto, los microplásticos primarios pueden provenir de diversas fuentes como pueden ser los restos de microplásticos presentes en los productos de limpieza, cremas exfoliantes o fibras de productos textiles que pueden entrar en el medio marino a través de los sistemas de drenaje industrial y doméstico (Karbalaeei et al., 2018).

Las plantas de tratamientos de aguas residuales (EDAR) son una de las fuentes puntuales más significativas que descargan microplásticos al océano, ya que las tecnologías utilizadas actualmente no están específicamente diseñadas para retener partículas pequeñas (Minteniig et al., 2017).

En cambio, los microplásticos secundarios generados por la fragmentación de macroplásticos, pueden provenir de vertidos de aguas, de la pérdida de residuos durante la recolección, de basuras abandonadas o de los propios vertederos gestionados inadecuadamente (Fath, 2019). A su vez, también pueden proceder de las actividades pesqueras (redes de pesca fantasma, trampas, etc.) (Driedger et al., 2015).

Esta fragmentación de plásticos de mayor tamaño constituye una fuente adicional de entrada de microplásticos y nanoplásticos al medio marino bastante importante (Rojo-Nieto y Montoto Martínez, 2017). En la figura 1.3 se muestra un esquema con las fuentes de microplásticos, tanto primarios como secundarios.

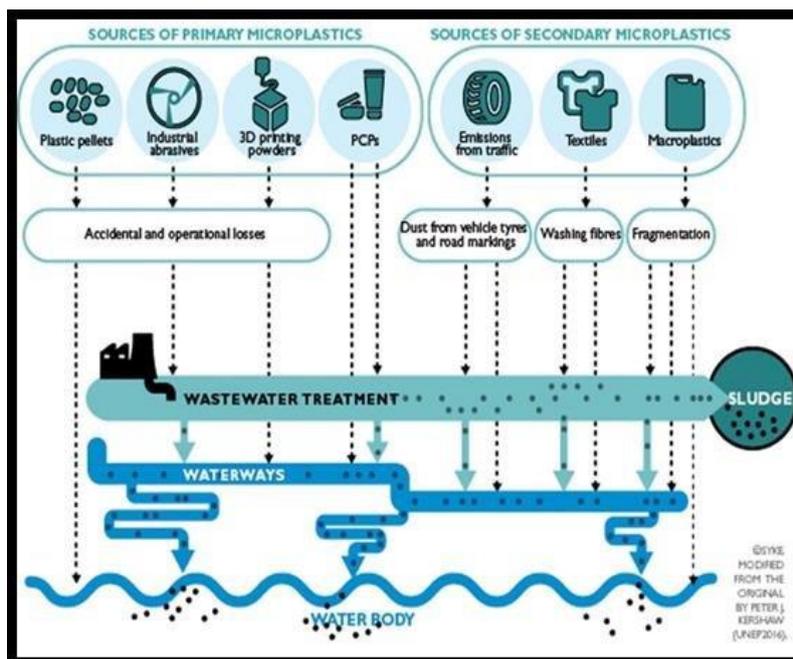


Figura 1.3 :Esquema de las posibles fuentes de microplásticos. Fuente: Peter J. Kershaw (UNEP, 2016).

Por otra parte, hay varios estudios basados en muestras de basura procedente de cauces fluviales, los cuales circulan por entornos urbanos, que confirman que los ríos son las principales fuentes de basuras marinas, destacando los plásticos como los artículos predominantes en los ríos, en las orillas de los ríos y en las playas costeras. Los factores que influyen en los patrones de transporte fluvial son la tasa de flujo del río, la presencia de corrientes de fondo y la aparición de extensiones de ríos submarinos. Los ríos con lecho profundo depositan la mayor parte de la basura lejos de la costa, mientras que los ríos más pequeños depositan la basura más cerca de la costa. La alta escorrentía del río después de las tormentas y las fuertes lluvias también causan la deposición de basura a mayores distancias de la desembocadura del río (Rech et al., 2014).

1.4 EFECTOS DE LOS MICROPLÁSTICOS

Los impactos ambientales generados por los microplásticos pueden ser catalogados según tres tipologías: los impactos físicos, químicos y biológicos (Li et al., 2018).

Según Shahnawaz et al. (2019), la ingestión de microplásticos provoca daños físicos y químicos en los animales marinos y provoca la obstrucción del sistema digestivo, disminución del crecimiento, estrés hepático e impedimento en la movilidad e inflamación. La ingesta de

microplásticos por una amplia gama de biota marina, a través de diferentes niveles tróficos, lleva a bioacumular la toxicidad desde un nivel trófico inferior a un nivel trófico superior a través de la cadena trófica.

Después de la ingestión, los microplásticos causan efectos de toxicidad para los seres humanos y los organismos vivos a través de varias vías y mecanismos (Li et al., 2018). Los microplásticos en el océano acumulan contaminantes orgánicos persistentes (COP) como los bifenilos policlorados (PCB), los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y los pesticidas organoclorados como el diclorodifeniltricloroetano (DDT) (Smith et al., 2018). Estos pueden bioacumularse en los organismos y provocar interferencias con las funciones hormonales (Thompson et al., 2009).

Estudios ya están indicando que los humanos podemos estar ingiriendo de forma indirecta microplásticos, debido a su presencia en los alimentos que consumimos. Se ha identificado y cuantificado presencia de estos materiales en la sal marina para uso culinario en diversos estudios como el realizado por Iñiguez et al. (2017), que mostró cantidades entre 50-280 ítems/kg en sales marinas después del envasado.

Por último, otro estudio reciente realizado por Senathirajah y Palanisami (2019), advierte que una persona puede ingerir como promedio una cantidad aproximada de 5 gramos de plástico cada semana, el equivalente al peso de una tarjeta de crédito. Una de las fuentes de ingestión son las aguas de consumo. Una investigación de Orb Media (2018), mostró que solo 1 L de agua embotellada puede contener miles de microplásticos. En este estudio realizaron pruebas en 11 marcas líderes a nivel mundial y los resultados mostraron que había presencia de plástico en el 93% de las muestras.

1.5 MICROPLÁSTICOS EN EL MEDITERRÁNEO

El Mar Mediterráneo ocupa una extensión de 2.510.000 km² (Encyclopædia Britannica, 2019). Este mar semicerrado, rodeado por tres continentes y con una intensa actividad humana, funciona como una trampa para los plásticos que se acumulan en gran cantidad y permanecen allí durante mucho tiempo, descomponiéndose en partes cada vez más pequeñas. Los plásticos representan el 95% de los residuos en mar abierto, en los fondos marinos y en las playas de todo el Mediterráneo (Alessi y Di Carlo, 2018).

Como cita Felis (2018), la acumulación de plástico en el Mediterráneo puede deberse a las entradas de plástico del océano Atlántico, ya que este mar está conectado con el Océano Atlántico por el Estrecho de Gibraltar y el agua tiene un tiempo de residencia de hasta un siglo. También, recibe aportes de grandes ríos como son el Nilo, el Po, el Ebro y el Ródano (Cózar et al., 2015).

Hay varios estudios sobre la cantidad de microplásticos presentes en el mar Mediterráneo los cuales pueden expresarse de diferentes formas (peso/superficie, ítem/superficie, peso/volumen e ítem/volumen). Algunos son los siguientes:

Entre 2014 y 2016, se realizó un estudio con 6 transectos en el Golfo de León (Noroeste del Mar Mediterráneo) y las densidades de microplásticos variaron entre 6.000 ítems/km² y 1.000.000 ítems/km² (Schmidt et al., 2018).

Otras investigaciones fueron realizadas en el mar Egeo Levantino donde recolectaron un total de 376.000 ítems/km² (Gündoğdu y Çevik, 2017), en las islas Menores Italianas un total de 0,3 ±0,04 ítems/m³ (de Lucia et al., 2018) y en el Noroeste de la costa levantina de Turquía un total de 1.067.120 ítems/km² (Gündoğdu, 2017).

En la investigación realizada por Felis (2018) obtuvo como resultado en el Sector Sur del Golfo de Valencia, un promedio de 329.541 ítems/km² (1,65 ítems/m³).

Por último, también se han realizado estudios sobre la presencia de microplásticos en los ríos. Un ejemplo es el río Ebro, que se considera una de las mayores entradas de microplásticos en el Mediterráneo, representando valores de entrada de $2,14 \times 10^9$ ítems/año, siendo la tipología de fibras y filamentos la que presentan los valores más altos (Simon-Sánchez et al., 2019).

1.6 ANTECEDENTES Y MOTIVOS DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

En el presente estudio, se pretende continuar con la investigación realizada por Felis (2018) en su Trabajo Final de Máster sobre *Los microplásticos en el Sector Sur del Golfo de Valencia*, el cual determinó la densidad de los microplásticos en dicha localización durante el mes de agosto de 2018. La zona de estudio fue el tramo de costa localizado entre Cullera y Denia, con un total de 53,97 km de longitud. Se muestreó la capa superficial de agua de 10 transectos perpendiculares a la costa (Cullera, Marenyet, Tavernes, Xeraco, Serpis, Piles, Oliva Nova, Les Deveses, Punta Molins y Denia) y se identificaron y cuantificaron tanto los microplásticos como la presencia de macrolplásticos.

El protocolo de muestreo utilizado fue el descrito por Kovač et al. (2016) y su posterior adaptación por Felis (2018), el cual define el procedimiento para el muestreo de microplásticos presentes en la superficie marina y el procesado de las muestras para la posterior identificación y cuantificación de microplásticos.

Los resultados obtenidos muestran una densidad promedio de 1,65 ítems/m³ para los microplásticos y para los macrolplásticos, un valor promedio de 0,03 ítems/m³. Los transectos con mayores densidades de microplásticos fueron los cercanos a las desembocaduras de los ríos, siendo el transecto Serpis el que mayor densidad de microplásticos presentó con un valor promedio de 5,02 ítems/m³. En cambio, Piles fue el transecto con menor valor de microplásticos con un promedio de 0,47 ítems/m³.

En el presente estudio, se procede a muestrear el entorno de Gandía, analizando tres de los transectos marinos analizados por Felis (2018) (Xeraco, Piles y Serpis), más un transecto en el Puerto de Gandía y un muestreo puntual en la desembocadura del río Serpis. Debido a que, en este trabajo, se muestrea tanto el río Serpis como el transecto marino llamado también Serpis por Felis (2018), para evitar confusiones, se ha renombrado el transecto marino Serpis con el nombre de la playa que tiene al frente (Marenys de Rafalcaid). Por lo tanto, el transecto marino Marenys de Rafalcaid de este trabajo será el mismo que el transecto Serpis de Felis (2018).

Los motivos por los que se decide a realizar esta investigación se centran en comprobar si existen variaciones temporales en los niveles de microplásticos de la zona de estudio. Para ello, se muestrearon tres de los transectos marinos (Piles, Xeraco y Marenys de Rafalcaid) muestreados en agosto de 2018 por Felis y así compararlos con los de la presente investigación, realizada entre los meses de marzo y abril de 2019.

Concretamente, se procede a cuantificar el transecto Marenys de Rafalcaid debido a que la investigación de Felis (2018) señaló que ese mismo transecto, al cual denominaba transecto Serpis, era el de mayor densidad de microplásticos y así comparar los valores por si existen variaciones temporales.

Además, se decidió estudiar posibles puntos de aporte de microplásticos a este transecto, por lo que se decidió estudiar la desembocadura del río Serpis y el interior del Puerto de Gandía, puntos que vierten sus aguas en el entorno del transecto Marenys de Rafalcaid. Existe una fuente que no ha podido ser estudiada debido a la imposibilidad de conseguir las correspondientes autorizaciones administrativas, se trata del Emisario Submarino que vierte las aguas depuradas en la estación depuradora de aguas residuales Safor –Sud.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente estudio fue determinar las principales fuentes de contaminación por plásticos en el entorno de Gandía y averiguar si los niveles de los mismos fueron estables temporalmente.

Los objetivos específicos en este estudio fueron los siguientes:

- Identificar y cuantificar los microplásticos presentes en el entorno de Gandía.
- Identificar y cuantificar los macroplásticos presentes y averiguar si la presencia de estos aumenta la cantidad de microplásticos.
- Identificar las tipologías de microplásticos más abundantes según la zona de estudio.
- Comprobar si la densidad de microplásticos varía en épocas de año distintas.
- Identificar fuentes puntuales de entrada de microplásticos en el ámbito de la desembocadura del río Serpis.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona elegida para el presente estudio se encuentra en el mar Mediterráneo, concretamente en el Mediterráneo occidental situada en el Sector Sur del Golfo de Valencia, en el entorno de la desembocadura del río Serpis en el municipio de Gandía.

Gandía, es la capital de la comarca de la Safor, su economía se ve beneficiada por el resto de los pueblos de la Safor. Es uno de los municipios más demandados por el turismo y además tiene un importante sector pesquero. Está delimitada al norte por los municipios de Xeresa y Xeraco, y al sur por los municipios de Daimús, Guardamar de la Safor, Miramar y Piles, en su costa, se encuentran cursos fluviales que desembocan en sus aguas como son el río Vaca y el Serpis (Visor Cartográfico Valenciano, 2019).

Los puntos de muestreo seleccionados para el estudio de las posibles fuentes de materiales plásticos fueron las zonas marinas frente a las playas de Piles, Xeraco y Marenys de Rafalcaid. Además, también se trabajó en las aguas interiores del Puerto de Gandía y el tramo final del río Serpis, concretamente en su desembocadura (figura 3.1).

La playa de Piles tiene 1.300 m de longitud y se encuentra situada en el sur de la playa de Gandía, es una playa con alto grado de ocupación (Catálogo de Playas del Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). Las aguas de la zona marina de Piles, reciben aportes del Barranc de Palmera, que es un barranco que nace en el término municipal de Potries y recorre unos 10 km hasta finalizar su recorrido en la Gola de Cameta o también conocida como la Acequia de Piles (Viquièdia, 2018).

Xeraco, al contrario que Piles, se encuentra situada al norte de la playa de Gandía y ocupa una longitud de 2.700 m de la costa mediterránea (Catálogo de Playas del Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). En sus aguas, se encuentra la desembocadura del río Vaca o Xeraco. Su desembocadura separa el término municipal de Gandía y Xeraco, uniéndose en una zona denominada la Goleta que antiguamente drenaba el Marjal de la Safor. Actualmente, como los niveles de agua del Marjal están regulados de forma antrópica, el río desemboca en el mar. El río tiene una longitud de 16,6 km, debido a su escaso caudal, la mayor parte del año sus aguas no llegan al mar debido a la formación de un cordón arenoso que impide su conexión con el mismo (Núñez, 2017).

La playa de Marenys de Rafalcaid, es la última playa del sur del litoral que pertenece al término municipal de Gandía. Se encuentra a la derecha de la desembocadura del río Serpis. Tiene una longitud de 880 m y una anchura aproximada de 50 m, es una playa semiurbana con un oleaje moderado y es óptima para el baño (Catálogo de Playas del Ministerio para la Transición Ecológica, 2019). Esta playa, al estar situada a la derecha de la desembocadura del río Serpis recibe aportes del río y a su vez, del Puerto de Gandía. Además, aproximadamente a 1.900 m de la desembocadura del río se encuentra el emisario submarino donde se descargan las aguas procedentes de la EDAR de Gandía. A su vez, la EDAR dispone de dos canales de desbordamiento que descargan directamente en el río (Sebastiá et al., 2013).

El río Serpis, tiene una longitud de 74 km, con una cuenca hidrográfica de 753 km² y un caudal medio anual de 2,3 m³/s (Centro de Estudios Hidrográficos, 2015). El río recibe aportes de agua dulce de su afluente el Vernissa y sus características corresponden a un régimen mediterráneo con altos caudales en épocas otoñales (Sebastiá et al., 2013). Además del clima mediterráneo, este río está sometido a una regulación artificial y un servicio intensivo de agua, lo que lleva a una situación de flujo no permanente en sus secciones finales. Concretamente, el Serpis y su afluente el Vernissa, están regulados artificialmente por un sistema complejo de canales de

riego que proporcionan agua dulce para los cultivos de regadío de la Comarca de la Safor (Sospedra et al., 2018). En algunas situaciones el río Serpis recibe aportes de la estación de depuración de aguas residuales (EDAR) de Gandía, debido a que cuando la capacidad de vertido del emisario queda excedida se produce la descarga del sobrante directamente al tramo final del río Serpis, justo en la zona de la desembocadura (Gadea, 2016).

El Puerto de Gandía, tiene tres usos principales, deportivo, pesquero y comercial, otro de sus usos más destacables es el servicio de pasaje a Ibiza y Palma de Mallorca con el crucero Trasmediterránea (Autoridad Portuaria de Valencia, 2019). Durante la mayor parte del año tiene una profundidad media de unos 5 m y como máxima de unos 10 m, es una zona protegida del oleaje que se considera un estuario estratificado con una capa de agua dulce poco profunda debido a las entradas de agua dulce del Marjal de la Safor (Sebastià et al., 2012).

Las acequias del Marjal que desembocan en el Puerto son Ahuir, Nova, Rei y Molí. La acequia de la Ahuir es un gran colector del Marjal, recorre todo el humedal desde el río Vaca hasta el barranco de San Nicolás. La acequia del Rei drena hacia el Grau de Gandía hasta confluir con la acequia Nova desembocando de forma conjunta en el Puerto. Y la acequia del Molí, desemboca finalmente en el barranco de San Nicolás que vierte sus aguas en el Puerto de Gandía. Otras entradas que recibe el Puerto provienen del acuífero detrítico no confinado de la Plana Gandía-Denia, acuífero sobre el que se encuentra el Marjal de la Safor (Gadea, 2016).

La localización de cada punto se muestra en la figura 3.1.

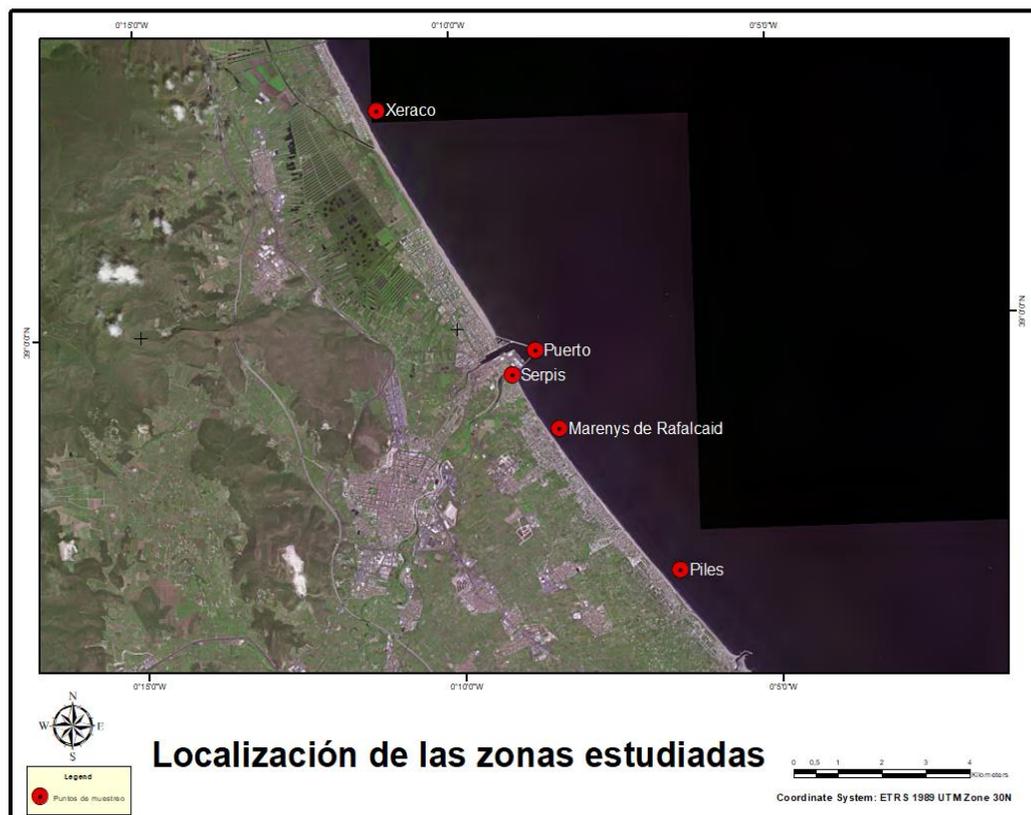


Figura 3.1: Localización de las zonas estudiadas. Fuente: ArcGis.

3.2 PROTOCOLO DE MUESTREO

El protocolo de muestreo utilizado está basado en el definido por Kovač et al. (2016) y adaptado por Felis (2018) para el muestreo de microplásticos en la superficie marina. El muestreo se realizó durante los meses de marzo y abril y se muestrearon tres transectos marinos perpendiculares a la línea de costa localizados frente a las playas de Marenys de Rafalcaid, Xeraco y Piles.

Además, se muestreó el interior del Puerto de Gandía y el tramo final de la desembocadura del río Serpis. En este último punto de muestreo, debido a la imposibilidad de introducir una embarcación en el interior del río Serpis y no poder muestrear a lo largo de 2 km, tal y como establece el protocolo, se decidió muestrear de forma distinta tomando una muestra puntual que consistió en el filtrado de un volumen de agua de 1.000 L mediante una malla de 300 μm de luz.

Los materiales necesarios para el muestreo fueron (figura 3.2):

- Red manta
- Contenedor (soft bucket) (3 por muestra)
- Cabos
- Botes de vidrio
- Nevera para conservar la muestra
- Fichas para apuntar los datos
- GPS
- 2 pulverizadores a presión



Figura 3.2: Materiales necesarios para el muestreo.

El procedimiento de muestreo fue llevado a cabo mediante una red manta de 2,60 m de longitud con una abertura de 70 x 40 cm y con una luz de malla de 300 μm . Al final de la misma estaba localizado un soft bucket con el fin de retener toda la muestra obtenida.

Antes de realizar el muestreo en el mar, se procedió al montaje del soft bucket en la red manta y se colocaron los cabos. A continuación, se dispuso la red manta a unos 30 m de la embarcación, distancia necesaria para evitar que las turbulencias de la misma afectasen a la toma de la muestra.

Durante el período de toma de muestra es importante que la velocidad del viento no supere 2 Beaufort, ya que en este caso las olas son demasiado altas y la red no estaría estable en la superficie del mar (Kovač et al., 2016). En la figura 3.3 se observa la disposición de la red manta en el transecto Piles.



Figura 3.3: Disposición de la red manta en el transecto Piles.

Para el muestreo en el interior del Puerto de Gandía, también se procedió al montaje del soft bucket en la red manta, pero en este caso, como el Puerto es una zona que se encuentra protegida del oleaje, solo fue necesario colocar la red manta a una distancia aproximada de 5-6 m de la embarcación (figura 3.4).

Tanto en los 3 transectos marinos, como en el Puerto, una vez empezado el muestreo, se tomaron las coordenadas y se apuntaron los tiempos de inicio y fin de cada muestreo. Los muestreos se realizaron por triplicado y la duración fue de 30 min a unos 2-3 nudos de velocidad (Kovač et al., 2016).



Figura 3.4: Disposición de la red manta en el interior del Puerto de Gandía.

Pasado el tiempo de muestreo se paró la embarcación, se fue recogiendo la red manta poco a poco, se colocó en posición vertical en un soporte para que se mantenga elevado y se realizó su limpieza con 2 pulverizadores a presión, se procede de esta manera para que la red quede completamente limpia y todos los materiales recogidos se depositaran en el soft bucket (figura 3.5).



Figura 3.5: A la izquierda, recogida de la red manta en el transecto Piles, a la derecha en el interior del Puerto de Gandía.

La desembocadura del río Serpis, se pudo muestrear debido a un episodio de precipitaciones torrenciales que ocurrió durante la segunda quincena del mes de abril de 2019. La precipitación más alta en un día fue el 21 de abril con un valor de 108,0 mm, coincidiendo

también el mismo día a las 20:12 horas con la tasa máxima de precipitación con un valor de 80,6 mm (Información Meteorológica de Gandía, 2019).

Estas precipitaciones provocaron que el caudal del río aumentara, y, por este motivo, se decidió realizar el muestreo el día 25 de abril con un protocolo de muestreo distinto, debido a la imposibilidad de introducir la embarcación para muestrear. Por lo que se filtró un total de 1.000 L (1m³) (figura 3.6) de agua mediante una red de 300 µm de luz donde se fue recolectando toda la muestra. En este caso, solo se realizó una réplica, ya que el trabajo necesitaba de un gran esfuerzo físico debido a que se realizó de forma manual mediante la recolección de agua en bidones y su posterior filtración y recolección en la red.

Todas las muestras obtenidas fueron etiquetadas correctamente y se conservaron en recipientes de vidrio en una nevera para su transporte hasta el laboratorio.



Figura 3.6: Desembocadura del río Serpis en abril 2019 después de las intensas precipitaciones.

A continuación, se presentan una serie de tablas resumen donde se detallan los datos más relevantes de los puntos de muestreo:

Tabla 3.1: Características del transecto Piles

CARACTERÍSTICAS DELTRANSECTO PILES (TPL)							
FECHA 09/03/2019							
Transecto	Hora de inicio	Hora final	Punto inicial		Punto final		Longitud (m)
			Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	
TPL1	8:45	9:15	0° 6'34.62"O	38°57'2.57"N	0° 5'15.90"O	38°57'35.22"N	2182
TPL2	9:35	10:05	0° 5'19.50"O	38°57'33.80"N	0° 6'34.46"O	38°56'59.86"N	2146
TPL3	10:23	10:53	0° 6'38.13"O	38°57'2.86"N	0° 5'22.61"O	38°57'32.70"N	2106

Tabla 3.2: Características del transecto Puerto de Gandía.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSECTO PUERTO DE GANDÍA (TPG)							
FECHA 08/03/2019							
Transecto	Hora de inicio	Hora final	Punto inicial		Punto final		Longitud (m)
			Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	
TPG1	8:37	9:07	0° 8'45.72" O	38°59'43.49"N	0° 9'49.39"O	38°59'28.40"N	1475
TPG2	10:08	10:48	0° 8'46.72" O	38°59'41.63"N	0° 9'29.84"O	38°59'38.66"N	1475
TPG3	13:03	13:33	0° 9'15.90" O	38°59'46.52"N	0° 9'0.65"O	38°59'46.78" N	1475

Tabla 3.3: Características del transecto Xeraco.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSECTO XERACO (TXR)							
FECHA 30/03/2019							
Transecto	Hora de inicio	Hora final	Punto inicial		Punto final		Longitud (m)
			Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	
TXR1	8:36	9:06	0°11'9.83"O	39° 2'39.19"N	0° 9'43.81"O	39° 3'7.38"N	2270
TXR2	9:24	9:54	0° 9'43.69"O	39° 3'7.33"N	0°11'5.98"O	39° 2'39.88"N	2202
TXR3	10:12	10:42	0°11'5.76"O	39° 2'40.52"N	0° 9'45.95"O	39° 3'6.13"N	2129

Tabla 3.4: Características del transecto Marenys de Rafalcaid.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID (TMR)							
FECHA 09/03/2019							
Transecto	Hora de inicio	Hora final	Punto inicial		Punto final		Longitud (m)
			Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	
TMR1	11:25	12:05	0° 8'25.68"O	38°58'46.39"N	0° 7'18.10"O	38°59'34.44"N	2346
TMR2	12:18	12:48	0° 7'18.37"O	38°59'34.49"N	0° 8'24.19"O	38°58'49.00"N	2157
TMR3	13:03	13:33	0° 8'27.01"O	38°58'45.70"N	0° 7'21.83"O	38°59'31.37"N	2208

Tabla 3.5: Características del muestreo puntual en el tramo final de la desembocadura del río Serpis.

CARACTERÍSTICAS DEL DESEMBOCADURA DEL RÍO SERPIS (DRS)	
FECHA 25/04/2019	
Longitud	Latitud
0° 9'8.71"O	38°59'25.89"N

3.3 ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS

Una vez se recogieron las muestras, se llevaron al laboratorio y se siguió el protocolo establecido para la cuantificación de microplásticos por Felis (2018). En primer lugar, se enjuagaron cada uno de los soft bucket utilizando agua destilada y vertiendo el contenido en un tamiz de 250 μm , se seleccionó este tamaño, el cual es inferior al tamaño mínimo de los microplásticos por si pudieran haber quedado retenidos en la red y así garantizar que queden todos ellos en el tamiz.

En la figura 3.7 se puede observar la limpieza del soft bucket de la muestra del Puerto de Gandía.

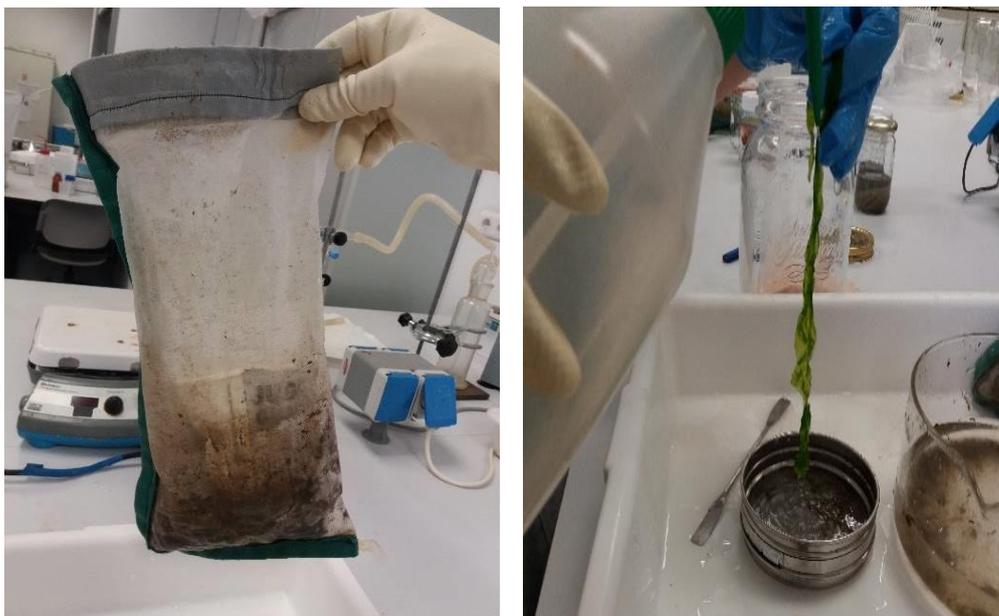


Figura 3.7: Contenido y limpieza de la muestra del transecto Puerto de Gandía 1.

Los materiales de grandes dimensiones que se han encontrado en las muestras han sido separados para proceder a su limpieza y a su identificación, debido a que son considerados residuos macroscópicos diferenciándose su origen orgánico o inorgánico, siendo solo cuantificado el de origen plástico (figuras 3.8 y 3.9).



Figura 3.8: Identificación de un macroplástico (filamento) de la muestra del transecto Puerto de Gandía 2 y su conservación.



Figura 3.9: Macroresiduo presente en la muestra del transecto Puerto de Gandía 1.

Todos los materiales se recogieron con pinzas y fueron lavados con agua destilada para garantizar que todos los microplásticos que pudiesen estar adheridos a su superficie fueran depositados en el tamiz para después poder ser cuantificados.

Los materiales plásticos de grandes dimensiones una vez fueron limpiados y analizados, se secaron en la estufa a una temperatura de 60 °C durante 24 horas, después se colocaron en el desecador y se procedió a medir su peso.

En segundo lugar, se procedió a colocar la muestra en envases de vidrio, se etiquetaron y se depositaron en el congelador para que se pudiesen conservar correctamente (figura 3.10).



Figura 3.10: Muestras del transecto Xeraco.

Una vez realizada la conservación de las muestras, se llevó a cabo su análisis. Para ello, se procedió a la descongelación de la muestra y a su filtrado. El material necesario para realizar la identificación de los materiales plásticos se muestra en la figura 3.11.



Figura 3.11: Material necesario para la identificación de los materiales plásticos.

Para la identificación y cuantificación de los microplásticos presentes en la muestra se adaptó el método de Felis (2018) al procedimiento de cuarteo de residuos. En concreto, el método de cuarteo consiste en mezclar correctamente la muestra y se hace una circunferencia lo más uniforme posible con todos los residuos, de ésta se extraen dos cuartos, se hace otra circunferencia uniforme similar a la anterior, de la cual se sacan otros dos cuartos, y así sucesivamente hasta poder tener una muestra representativa y manejable (Montoya Rendón, 2012).

Se procedió de esta manera, debido a que en la investigación realizada por Felis (2018), se realizó diversas pruebas donde se cuantificaban los microplásticos en un cuarto de la muestra y a su vez, también se analizaba toda la muestra. Una vez, estuvieron los resultados, se pudo comprobar que al realizar el cuarteo y multiplicar por 4 el número de microplásticos obtenidos, el resultado era prácticamente el mismo que al analizar toda la muestra.

Por este motivo, en el presente estudio, se realizó el cuarteo de la muestra para poder realizar una identificación más rápida y sencilla. Se fue tomando pequeñas cantidades de un cuarto de la muestra que se colocaron en una placa Petri junto con agua destilada para poder identificar mediante la densidad los materiales y que fuera una identificación más sencilla (figura 3.12).



Figura 3.12: Cuarteo e identificación de la muestra del transecto Piles 2.

Las muestras fueron analizadas con un microscopio estereoscópico (20-80 x zoom) y se recogieron con pinzas todos los objetos plásticos presentes en las muestras, diferenciando 6 categorías: fragmentos, films, pellets, gránulos, filamentos y foams. Se fue anotando el número de partículas identificadas y se clasificaron. Más tarde, se depositaron en tubos Eppendorf etiquetados (figura 3.14). En la figura 3.13, se muestran ejemplos de microplásticos encontrados.



Figura 3.13: Ejemplo de microplásticos de la muestra del transecto Piles 3 y comparación del tamaño de un material plástico de la muestra de la desembocadura del Serpis.



Figura 3.14: Identificación de la muestra de la desembocadura del Serpis y tubos Eppendorf.

Por último, una vez se identificaron los microplásticos, se colocaron los tubos Eppendorf en la estufa a una temperatura de 60° C durante 24 horas, pasado este tiempo, se colocaron en el desecador y más tarde se pesaron (figura 3.15).

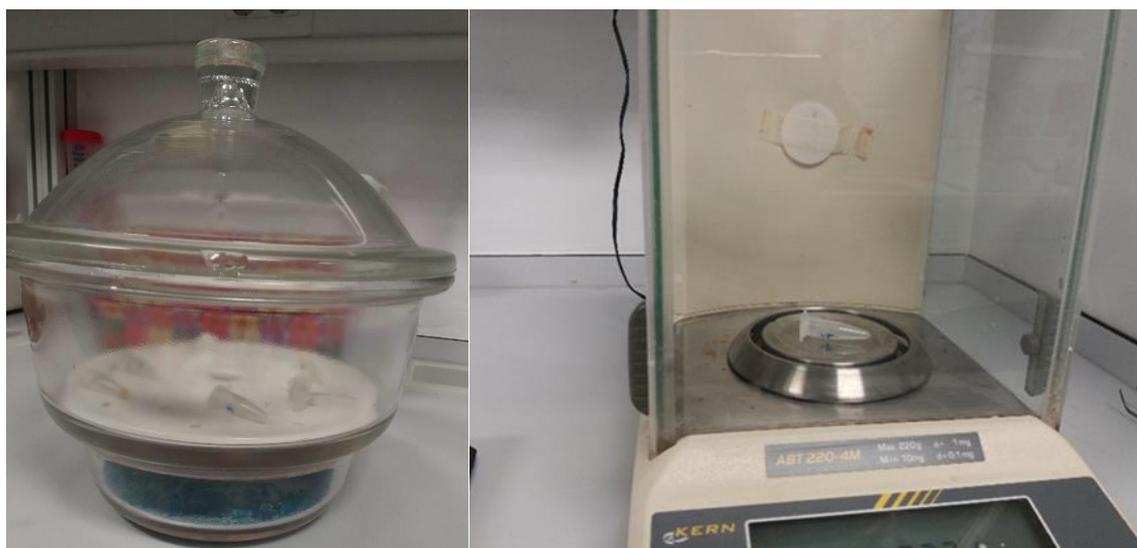


Figura 3.15: Desecador y pesado de los tubos Eppendorf.

Finalmente, se realizaron los cálculos necesarios para expresar los resultados, tanto en nº de partículas (ítem/m³) como en peso (mg/m³).

3.4 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para tratar los datos de forma estadística, se realizaron una serie de pruebas en el programa StatGraphics.

El objetivo de estas pruebas era saber si existían diferencias significativas en los niveles de microplásticos de las distintas zonas muestreadas, por este motivo, se siguieron los pasos siguientes:

En primer lugar, se comprobó que los datos siguieran una distribución normal y se realizó un análisis de la varianza mediante una *Anova simple* (figura 3.16) que tiene como objetivo contrastar si existen diferencias entre las diferentes medias de los niveles de las variables (factores).

Los factores analizados fueron los transectos Piles, Xeraco, Marenys de Rafalcaid y Puerto de Gandía. La desembocadura del río Serpis no se incluyó debido a que solo se realizó una réplica de esta zona. Las variables dependientes fueron los valores en mg/m³ y en ítems/m³ tanto de los macropelásticos, como de los microplásticos. También, se realizaron las pruebas para todas las tipologías de los microplásticos (fragmentos, films, pellets, gránulos, filamentos y foams).

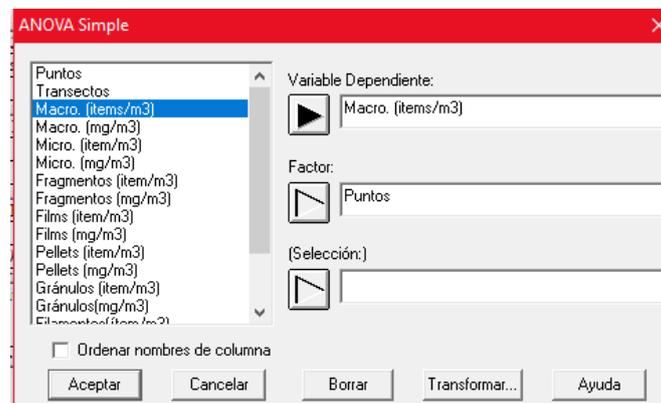


Figura 3.16: Anova simple.

Una vez se obtuvieron los resultados del *Anova simple*, se realizó una prueba post-hoc, esta fue *Tukey HDS*. Este método se utiliza para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores. En el Anexo I, se muestran los resultados de todas las pruebas *Tukey HDS*.

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo expresando el valor de materiales macroscópicos y microscópicos en número de ítems y en peso.

4.1 TRANSECTO PILES

En el transecto Piles se han obtenido los siguientes resultados, para cada una de las réplicas realizadas (tablas 4.1, 4.2, 4.3), el promedio se observa en la tabla 4.4. En este transecto, el valor promedio de los microplásticos ha sido de 0,85 ítems/m³ (0,1518 mg/m³). La fracción con mayor valor ha sido la de filamentos con un total de 0,70 ítems/m³ (0,0582 mg/m³), seguida de los fragmentos con 0,11 ítems/m³ (0,0454 mg/m³). No se observaron macroplásticos en ninguna de las 3 réplicas, pero sí que se observaron materiales inorgánicos en la primera réplica (trozos de hierro parcialmente oxidados).

Tabla 4.1: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Piles.

TRANSECTO PILES 1						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	352.101,61	1.309	1,7605	0,01
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	9,84%	14,00%	1.178,47	36.664	0,0059	0,18
2. Films	37,70%	5,00%	4.517,48	13.094	0,0226	0,07
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	12,57%	80,00%	1.505,83	209.506	0,0075	1,05
6. Foams	39,89%	1,00%	4.779,36	2.619	0,0239	0,01
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	11.981,14	261.883	0,0599	1,31
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	11.981,14	261.883	0,0599	1,31

Tabla 4.2: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Piles.

TRANSECTO PILES 2						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	0,46%	20,00%	133,14	18.639	0,0007	0,09
2. Films	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	99,54%	80,00%	28.691,25	74.557	0,1435	0,37
6. Foams	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	28.824,39	93.197	0,1441	0,47
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	28.824,39	93.197	0,1441	0,47

Tabla 4.3: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Piles.

TRANSECTO PILES 3						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	51,55%	6,90%	25.912,36	10.853	0,1296	0,05
2. Films	30,23%	1,72%	15.194,68	2.713	0,0760	0,01
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	9,45%	86,21%	4.748,34	135.667	0,0237	0,68
6. Foams	8,77%	5,17%	4.409,17	8.140	0,0220	0,04
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	50.264,55	157.373	0,2513	0,79
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	50.264,55	157.373	0,2513	0,79

Tabla 4.4: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Piles.

PROMEDIOS DEL TRANSECTO PILES				
Tipología	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	PROMEDIO NIVELES DE PARTÍCULAS	
			(mg/m ³)	(ítems/m ³)
1. Fragmentos	29,89%	12,91%	0,0454	0,11
2. Films	21,65%	3,08%	0,0329	0,03
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,0000	0,00
5. Filamentos	38,37%	81,91%	0,0582	0,70
6. Foams	10,09%	2,10%	0,0153	0,02
MICRO TOTAL	100,00%	100,00%	0,1518	0,85
MACRO TOTAL	0,00%	0,00%	0,0000	0,00

4.2 TRANSECTO XERACO

En el transecto Xeraco, se han obtenido los siguientes resultados (tablas 4.5, 4.6 y 4.7) para cada una de las 3 réplicas realizadas, el promedio se observa en la tabla 4.8. En este transecto el valor promedio de los microplásticos ha sido de 0,80 ítems/m³ (0,0312 mg/m³). La fracción con mayor valor ha sido la de filamentos con un total de 0,40 ítems/m³ (0,0131 mg/m³), seguida de los fragmentos con 0,36 ítems/m³ (0,0047 mg/m³).

Se observó césped artificial y fanerógamas en la réplica 3. En la réplica 2, también se encontraron fanerógamas. Los microplásticos representan el 99,86% en ítems/m³ (88,57% en peso respecto al peso total de la muestra) y los macroplásticos representan el 0,14% en ítems/m³ (11,43% en peso respecto al peso total de la muestra).

Tabla 4.5: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Xeraco.

TRANSECTO XERACO 1						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	6,95%	45,90%	818,12	70.485	0,0041	0,35
2. Films	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
3. Pellets	1,60%	1,64%	188,80	2.517	0,0009	0,01
4. Gránulos	44,92%	8,20%	5.286,34	12.587	0,0264	0,06
5. Filamentos	46,52%	44,26%	5.475,14	67.967	0,0274	0,34
6. Foams	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	11.768,41	153.556	0,0588	0,77
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	11.768,41	153.556	0,0588	0,77

Tabla 4.6: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Xeraco.

TRANSECTO XERACO 2						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	11.937,20	649	0,0597	0,0032
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	23,29%	41,27%	1.102,89	67.471	0,0055	0,34
2. Films	8,22%	3,17%	389,26	5.190	0,0019	0,03
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	21,92%	50,79%	1.038,02	83.041	0,0052	0,42
6. Foams	46,58%	4,76%	2.205,79	7.785	0,0110	0,04
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	4.735,95	163.488	0,0237	0,82
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	4.735,95	163.488	0,0237	0,82

Tabla 4.7: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Xeraco.

TRANSECTO XERACO 3						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	30.866,27	671	0,1543	0,00
Material inorgánico	52,17%	50,00%	2.415,62	671	0,0121	0,00
Macroplásticos totales	52,17%	0,41%	2.415,62	671	0,0121	0,00
1. Fragmentos	18,84%	45,71%	872,31	75.153	0,0044	0,38
2. Films	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	28,99%	53,88%	1.342,01	88.573	0,0067	0,44
6. Foams	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
Microplásticos totales	47,83%	99,59%	2.214,32	163.725	0,0111	0,82
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	4.629,94	164.396	0,0231	0,82

Tabla 4.8: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Xeraco.

PROMEDIOS DEL TRANSECTO XERACO				
Tipología	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	PROMEDIO NIVELES DE PARTÍCULAS	
			(mg/m ³)	(ítems/m ³)
1. Fragmentos	13,22%	44,26%	0,0047	0,36
2. Films	1,84%	1,08%	0,0006	0,01
3. Pellets	0,89%	0,52%	0,0003	0,00
4. Gránulos	25,01%	2,61%	0,0088	0,02
5. Filamentos	37,17%	49,76%	0,0131	0,40
6. Foams	10,44%	1,62%	0,0037	0,01
MICRO TOTAL	88,57%	99,86%	0,0312	0,80
MACRO TOTAL	11,43%	0,14%	0,0040	0,00

4.4 TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID

En el transecto Marenys de Rafalcaid se han obtenido los siguientes resultados (tablas 4.9, 4.10 y 4.11) para cada una de las 3 réplicas realizadas, el promedio se observa en la tabla 4.12. En este transecto el valor promedio de los microplásticos ha sido 2,02 ítems/m³ (0,0479 mg/m³). La fracción con mayor valor ha sido la de filamentos con un total de 1,51 ítems/m³ (0,0043 mg/m³), seguida de los fragmentos con 0,42 ítems/m³ (0,0234 mg/m³).

Tabla 4.9: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.

TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID 1						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	26,17%	25,77%	4.079,89	121.788	0,0204	0,61
2. Films	30,47%	1,55%	4.749,73	7.307	0,0237	0,04
3. Pellets	3,91%	0,00%	608,94	0	0,0030	0,00
4. Gránulos	3,13%	2,06%	487,15	9.743	0,0024	0,05
5. Filamentos	2,34%	69,07%	365,36	326.391	0,0018	1,63
6. Foams	33,98%	1,55%	5.297,77	7.307	0,0265	0,04
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	15.588,84	472.537	0,0779	2,36
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	15.588,84	472.537	0,0779	2,36

Tabla 4.10: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.

TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID 2						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	79,65%	16,67%	7.517,05	68.879	0,0376	0,34
2. Films	4,21%	0,64%	397,38	2.649	0,0020	0,01
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	14,74%	79,49%	1.390,82	328.499	0,0070	1,64
6. Foams	1,40%	3,21%	132,46	13.246	0,0007	0,07
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	9.437,71	413.272	0,0472	2,07
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	9.437,71	413.272	0,0472	2,07

Tabla 4.11: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.

TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID 3						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	66,67%	18,40%	2.458,59	59.524	0,0123	0,30
2. Films	5,26%	1,60%	194,10	5.176	0,0010	0,03
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	22,81%	76,80%	841,10	248.447	0,0042	1,24
6. Foams	5,26%	3,20%	194,10	10.352	0,0010	0,05
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	3.687,89	323.499	0,0184	1,62
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	3.687,89	323.499	0,0184	1,62

Tabla 4.12: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Marenys de Rafalcaid.

PROMEDIOS DEL TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID				
Tipología	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	PROMEDIO NIVELES DE PARTÍCULAS	
			(mg/m ³)	(ítems/m ³)
1. Fragmentos	48,95%	20,69%	0,0234	0,42
2. Films	18,60%	1,25%	0,0089	0,03
3. Pellets	2,12%	0,00%	0,0010	0,00
4. Gránulos	1,70%	0,81%	0,0008	0,02
5. Filamentos	9,05%	74,70%	0,0043	1,51
6. Foams	19,59%	2,56%	0,0094	0,05
MICRO TOTAL	100,00%	100,00%	0,0479	2,02
MACRO TOTAL	0,00%	0,00%	0,0000	0,00

4.3 TRANSECTO PUERTO DE GANDÍA

En el transecto realizado en el interior del Puerto de Gandía, se han obtenido los siguientes resultados (tablas 4.13, 4.14 y 4.15) para cada una de las 3 réplicas realizadas, el promedio se observa en la tabla 4.16. En este muestreo el valor promedio de los microplásticos ha sido de 4,31 ítems/m³ (0,1826 mg/m³). La fracción con mayor valor ha sido la de filamentos con un total de 2,52 ítems/m³ (0,0986 mg/m³) seguida de los fragmentos con 1,56 ítems/m³ (0,0670 mg/m³). En las réplicas 1 y 2 se encontraron macroplásticos.

Los microplásticos representan el 99,93% en ítems/m³ (2,74% en peso respecto al peso total de la muestra) y los macroplásticos representan el 0,07% en ítems/m³ (97,26% en peso respecto al peso total de la muestra).

Tabla 4.13: Réplica 1 en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.

TRANSECTO PUERTO DE GANDÍA 1						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	98,16%	0,02%	3.867.021,79	969	19,3351	0,005
Macroplásticos totales	98,16%	0,10%	3.867.021,79	969	19,3351	0,005
1. Fragmentos	0,89%	42,87%	34.963,68	399.031	0,1748	2,00
2. Films	0,02%	2,91%	968,52	27.119	0,0048	0,14
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	0,77%	51,20%	30.217,92	476.513	0,1511	2,38
6. Foams	0,16%	2,91%	6.392,25	27.119	0,0320	0,14
Microplásticos totales	1,84%	99,90%	72.542,37	929.782	0,3627	4,65
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	3.939.564,16	930.751	19,6978	4,65

Tabla 4.14: Réplica 2 en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.

TRANSECTO PUERTO DE GANDIA 2						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	41,32%	100,00%	24.213,08	969	0,1211	0,00
Macroplásticos totales	41,32%	0,12%	24.213,08	969	0,1211	0,00
1. Fragmentos	7,77%	16,57%	4.552,06	135.593	0,0228	0,68
2. Films	1,32%	2,84%	774,82	23.245	0,0039	0,12
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	48,10%	80,00%	28.184,02	654.722	0,1409	3,27
6. Foams	1,49%	0,47%	871,67	3.874	0,0044	0,02
Microplásticos totales	58,68%	99,88%	34.382,57	817.433	0,1719	4,09
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	58.595,64	818.402	0,2930	4,09

Tabla 4.15: Réplica 3 en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.

TRANSECTO PUERTO DE GANDÍA 3						
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS			
			(mg/km ²)	(ítems/km ²)	(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Material inorgánico	-	-	0,00	0	0,0000	0,00
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
1. Fragmentos	25,93%	47,93%	677,97	402.906	0,0034	2,01
2. Films	37,04%	3,69%	968,52	30.993	0,0048	0,15
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,00	0	0,0000	0,00
5. Filamentos	29,63%	45,16%	774,82	379.661	0,0039	1,90
6. Foams	7,41%	3,23%	193,70	27.119	0,0010	0,14
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	2.615,01	840.678	0,0131	4,20
PLÁSTICOS TOTALES MUESTRA	100,00%	100,00%	2.615,01	840.678	0,0131	4,20

Tabla 4.16: Tabla resumen del promedio de microplásticos y macroplásticos en peso y número de partículas del transecto Puerto de Gandía.

PROMEDIOS DEL TRANSECTO PUERTO DE GANDIA				
Tipología	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	PROMEDIO NIVELES DE PARTÍCULAS	
			(mg/m ³)	(ítems/m ³)
1. Fragmentos	1,00%	36,20%	0,0670	1,56
2. Films	0,07%	3,14%	0,0045	0,14
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,0000	0,00
4. Gránulos	0,00%	0,00%	0,0000	0,00
5. Filamentos	1,48%	58,34%	0,0986	2,52
6. Foams	0,19%	2,24%	0,0124	0,10
MICRO TOTAL	2,74%	99,93%	0,1826	4,31
MACRO TOTAL	97,26%	0,07%	6,4854	0,00

4.5 MUESTREO DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO SERPIS

En la desembocadura del río Serpis se han obtenido los siguientes resultados (tabla 4.17). En esta zona el total de los microplásticos ha sido de 175 ítems/ m³ (24,8000 mg/m³). La fracción con mayor valor ha sido la de filamentos con un total de 111 ítems/m³ (8,3000 mg/m³), seguida de los foams con 38 ítems/km² (1,6000 mg/m³). Los filamentos representan el 63,43% en ítems/m³ (33,47% peso respecto al peso total de la muestra) y los foams el 21,71% en ítems/m³ (6,45% peso respecto al peso total de la muestra). No se han encontrado macroplásticos en los 1.000 L filtrados.

Tabla 4.17: Peso y número de partículas de la Desembocadura del río Serpis.

DESEMBOCADURA DEL RÍO SERPIS				
	% peso total muestra plástica	% ítems total muestra plástica	NIVELES DE PARTÍCULAS	
			(mg/m ³)	(ítems/m ³)
Restos vegetales o animales	-	-	0,0000	0
Material inorgánico	-	-	0,0000	0
Macroplásticos totales	0,00%	0,00%	0,0000	0
1. Fragmentos	1,21%	12,00%	0,3000	21
2. Films	33,47%	1,71%	8,3000	3
3. Pellets	0,00%	0,00%	0,0000	0
4. Gránulos	25,40%	1,14%	6,3000	2
5. Filamentos	33,47%	63,43%	8,3000	111
6. Foams	6,45%	21,71%	1,6000	38
Microplásticos totales	100,00%	100,00%	24,8000	175

4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Se realizó un análisis estadístico solo en las 4 zonas donde se trabajó por triplicado, por lo que el Serpis no se incluyó en el mismo. El análisis mostró que solo hay diferencias significativas (p -valor<0,05) en cuatro de las variables estudiadas.

En concreto, para microplásticos (ítem/m³) con un p -valor=0,0000, fragmentos (ítem/m³) con un p -valor=0,0081, films (ítem/m³) con un p -valor=0,0006 y para los filamentos (ítem/m³) con un p -valor=0,0009 (tabla 4.18 y figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4).

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico muestran diferencias significativas cuando la densidad de partículas se expresa en número de partículas (ítem/m³) y no cuando la densidad se presenta en peso (mg/m³). Por lo tanto, se procede a presentar los resultados obtenidos tan solo de las 4 variables en las que se presentan diferencias significativas. Todos los resultados se adjuntan en el Anexo I.

Tabla 4.18: Datos de las variables independientes con diferencias significativas.

RESULTADO DE LA PRUEBA POST-HOC TUKEY HDS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES CON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS					
Variables independientes	P-valor	Puntos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Microplásticos totales (item/m³)	0,0000	XE	3	0,803333	X
		PI	3	0,856667	X
		MR	3	2,01667	X
		PG	3	4,31333	X
Fragmentos (item/m³)	0,0081	PI	3	0,106667	X
		XE	3	0,356667	X
		MR	3	0,416667	X
		PG	3	1,56333	X
Films (item/m³)	0,0006	XE	3	0,01	X
		PI	3	0,0266667	X
		MR	3	0,0266667	X
		PG	3	0,136667	X
Filamentos (item/m³)	0,0009	XE	3	0,4	X
		PI	3	0,7	XX
		MR	3	1,50333	XX
		PG	3	2,51667	X

A continuación, se muestran las gráficas de cada variable independiente con diferencias significativas. En figura 4.1 se representa los microplásticos totales, en la figura 4.2 los fragmentos, en la figura 4.3 los films y en la figura 4.4 los filamentos, todos ellos en se presentan en ítem/m³.

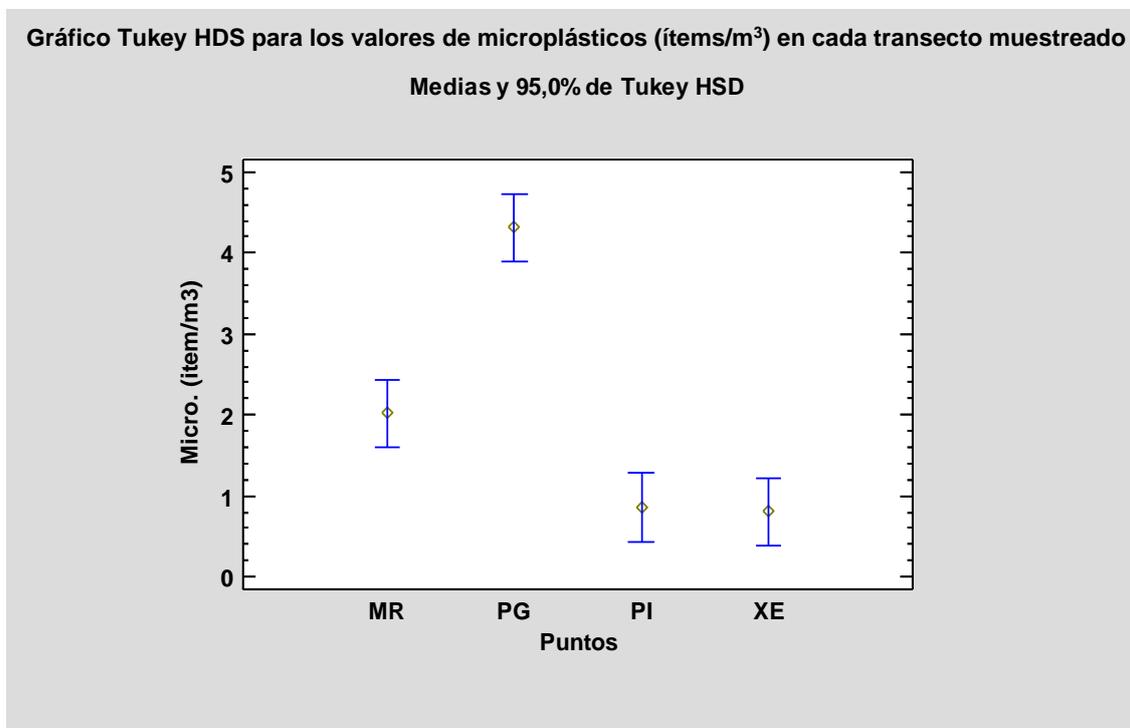


Figura 4.1: Gráfico Tukey HDS de la variable independiente de microplásticos totales en ítem/m³.

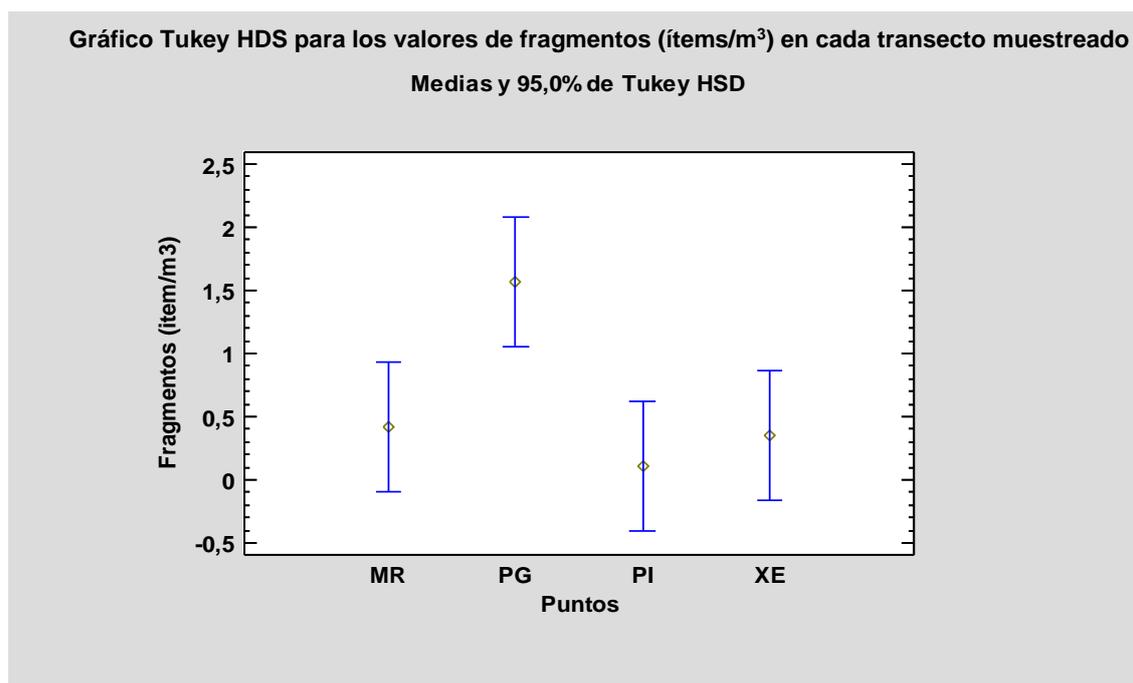


Figura 4.2: Gráfico Tukey HSD de la variable independiente de fragmentos en ítem/m³.

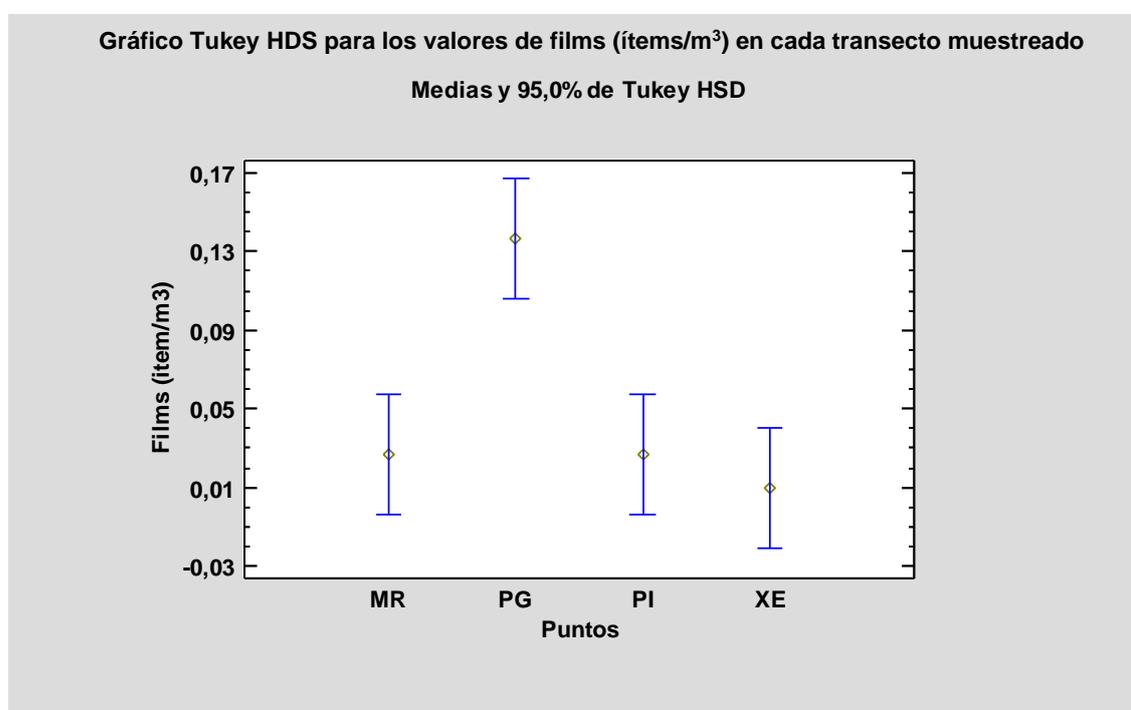


Figura 4.3: Gráfico Tukey HSD de la variable independiente de films en ítem/m³.

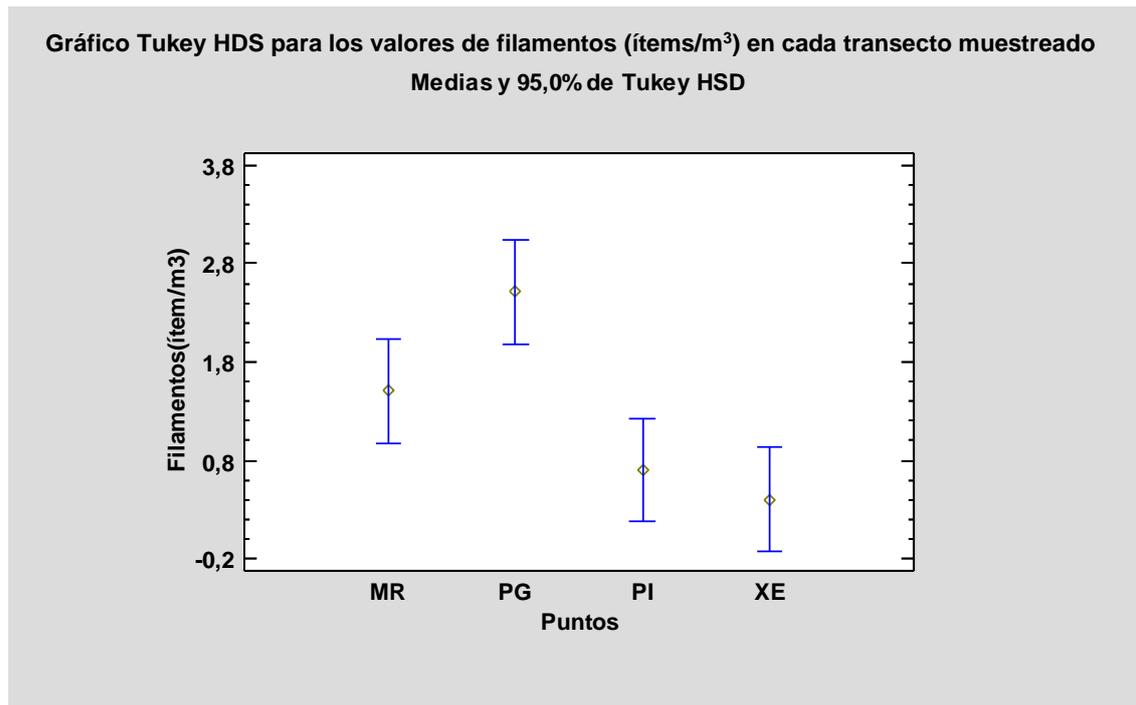


Figura 4.4: Gráfico Tukey HDS de la variable independiente de filamentos en ítem/m³.

En el valor promedio total de microplásticos en ítem/m³ (figura 4.1) del transecto Puerto de Gandía mostró diferencias con respecto los restantes transectos, mostrando los valores más altos de todos ellos. El transecto de Marenys de Rafalcaid fue también significativamente más alto que los otros dos transectos marinos (Piles y Xeraco).

Por tipología de microplásticos, los fragmentos en ítem/m³ (figura 4.2) y films en ítem/m³ (figura 4.3) de los transectos marinos no presentaron diferencias significativas entre ellos, observándose que los valores del transecto Puerto de Gandía los que han presentado densidades más elevadas.

En cambio, en la tipología de los filamentos en ítem/m³ (figura 4.4) no presenta diferencias significativas entre los transectos de Piles y Xeraco, pero sí que existen entre Xeraco y Marenys de Rafalcaid, que muestra valores más altos. En este caso, también hay diferencias significativas entre el Puerto de Gandía y los transectos Xeraco y Piles.

Por tanto, en las 4 variables se sigue el mismo esquema, el transecto Puerto de Gandía ha presentado para las cuatro variables diferencias significativas, presentando valores más altos que los obtenidos en los transectos marinos.

Respecto a los transectos marinos, la densidad mayoritaria la presenta el transecto Marenys de Rafalcaid, el cual está cercano a la desembocadura del río Serpis y del Puerto de Gandia, aspectos que podría influir en que presente la densidad mayoritaria de los transectos marinos.

5. DISCUSIÓN

En primer lugar, la densidad de macroplásticos obtenida respecto a los microplásticos presenta valores muy bajos. No se observaron en todas las zonas analizadas, tan solo estuvieron presentes en Xeraco con un promedio de 0,00 ítems/m³ (0,0040 mg/m³) y en el Puerto de Gandía con un valor promedio de 0,00 ítems/m³ (6,4854 mg/m³), por lo que los resultados obtenidos no fueron significativos de forma global.

Por otra parte, los resultados obtenidos de microplásticos mostraron que los valores más altos con gran diferencia fueron los de la desembocadura del río Serpis con 175 ítems/m³ (24,8000 mg/m³).

En los transectos marinos, la mayor densidad se presenta en el transecto Marenys de Rafalcaid (al frente de la desembocadura del río Serpis) donde se obtuvieron un promedio de 2,02 ítems/m³ (0,0479 mg/m³), en cambio, Piles y Xeraco fueron los que presentaron menor presencia de microplásticos y fueron muy similares entre ellos.

Por otra parte, el Puerto de Gandía presentó una densidad promedio de 4,31 ítems/m³ (0,1826 mg/m³) mostrando un valor más alto que en los transectos marinos.

Para poder determinar la situación en cuanto al grado de contaminación microplástica que presentan los puntos estudiados, se ha de referenciar algunos de los estudios realizados en otras zonas del Mediterráneo. Tal y como se ha citado anteriormente, existen diversos estudios realizados en el Mediterráneo, algunos de ellos son los realizados en el mar Egeo levantino donde se cuantificaron alrededor de 376.000 ítems/km² o en el Noroeste de la costa levantina de Turquía un total de 1.067.120 ítems/km². Como se puede observar los valores son muy diversos en diferentes zonas del Mediterráneo, por lo que hay grandes variaciones sobre la cantidad de los materiales plásticos.

En la investigación de Felis (2018), que coincide con la zona analizada en el presente estudio sobre los microplásticos en el entorno de Gandía, determinó un promedio de 329.541 ítems/km² (1,65 ítems/m³) en los 10 transectos muestreados. Si se compara con el presente estudio los resultados promedios de los transectos marinos (Piles, Xeraco y Marenys de Rafalcaid) han sido 244.726 ítems/km² (1,22 ítems/m³), valores similares a los obtenidos por Felis.

En el presente estudio el transecto Xeraco fue el que presentó la menor densidad de microplásticos con 0,80 ítems/m³ (0,0312 mg/m³) y Piles con 0,85 ítems/m³ (0,1518 mg/m³) fue el segundo transecto marino con menos materiales plásticos.

En la investigación de Felis (2018), donde también se analizaron los transectos de Xeraco y Piles, los resultados fueron un promedio de 0,47 ítems/m³ (0,0299 mg/m³) para el transecto Piles y 0,95 ítems/m³ (0,1113 mg/m³) en el transecto Xeraco. Es, por tanto, que en el transecto Xeraco los valores duplican casi a los obtenidos en el transecto Piles. Pero comparando los valores con los obtenidos en el presente estudio, han sido prácticamente los mismos, por lo que no ha habido prácticamente variaciones en épocas de año distintas.

En el transecto Marenys de Rafalcaid, se obtuvo un promedio de 2,02 ítems/m³ (0,0479 mg/m³), siendo el transecto marino con mayor densidad de microplásticos. Estos valores se pueden comparar con los datos obtenidos por Felis (2018) en el transecto Serpis que corresponde con el denominado en el presente trabajo como transecto Marenys de Rafalcaid.

Tal y como se ha comentado anteriormente, se han denominado de forma distinta por analizarse en el presente trabajo la desembocadura del río Serpis, pero son exactamente el mismo transecto. En concreto la comparativa de los resultados se presenta en la tabla 5.1:

Tabla 5.1: Comparación del nº de ítems de microplásticos en el transecto Marenys de Rafalcaid (presente trabajo) con los del transecto Serpis (Felis, 2018).

COMPARACIÓN EN ÍTEMS/M ³ DEL TRANSECTO MARENYS DE RAFALCAID (PRESENTE TRABAJO) CON LOS DEL TRANSECTO SERPIS (FELIS, 2018)		
	Transecto Serpis (Felis, 2018)	Transecto Marenys de Rafalcaid (2019)
Fecha	12/08/2018	09/03/19
replica A (ítems/m³)	1,87	2,36
replica B (ítems/m³)	10,73	2,07
replica C (ítems/m³)	2,47	1,62
Promedio	5,02	2,02

El transecto Serpis mostró valores diversos entre las 3 réplicas y esto, puede deberse a un episodio puntual, ya que en las réplicas A y C, los valores oscilaron alrededor de 2,00 ítems/m³, mientras que, en la B, mostró valores de 10,73 ítems/m³. Por lo que, si tenemos en cuenta este episodio como puntual, el valor de A y C sería de 2,00 ítems/m³ como el promedio en el transecto Serpis.

Comparando así ambos estudios, se aprecia de forma clara que los resultados obtenidos en el presente trabajo (Transecto Marenys de Rafalcaid) son prácticamente los mismos que los obtenidos por Felis (2018), por lo que el transecto Marenys de Rafalcaid muestra una densidad estable en épocas de año distintas, por este motivo, las posibles entradas de microplásticos al mar podrían provenir siempre de las mismas fuentes de forma continua.

A continuación, se expresa de forma gráfica los resultados de los 3 transectos marinos del presente trabajo (figura 5.1).

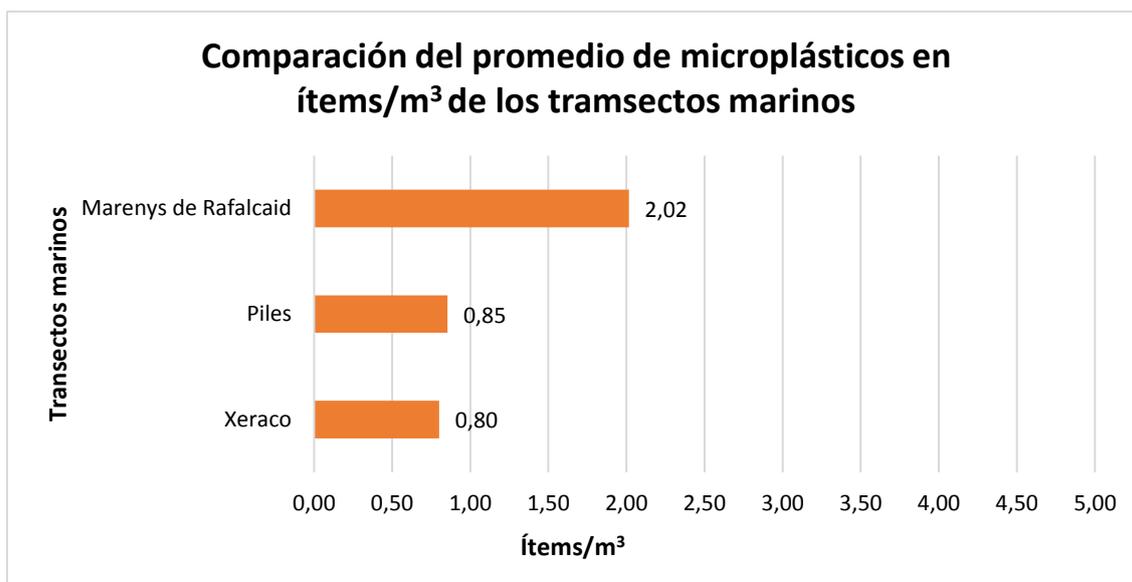


Figura 5.1: Comparación de los tres transectos marinos en ítems/m³.

El transecto Marenys de Rafalcaid recibe entradas del emisario submarino de la EDAR de Gandía y a su vez, del río Serpis y del Puerto de Gandía, en estas dos últimas zonas, se cuantificaron altas cantidades de microplásticos, este puede ser el motivo de que este transecto muestre valores significativamente más altos que en los transectos Piles y Xeraco, porque está recibiendo aportes de fuentes donde hay una gran presencia de materiales plásticos.

Si tenemos en cuenta las densidades obtenidas en la desembocadura del río Serpis del presente estudio, con un valor total de 175 ítems/m³, ha superado a todos los transectos marinos y al muestreo del Puerto de Gandía. La densidad media es muy alta, y ha mostrado que una clara fuente de microplásticos del entorno de Gandía es el río Serpis. Este resultado se puede justificar en la afirmación de Rech et al. (2014), de que la principal fuente de los microplásticos proviene de los principales ríos que desembocan en los mares.

En la figura 5.2 se muestra la comparación de las densidades entre el muestreo de la desembocadura del río Serpis y el transecto Puerto de Gandía (las dos fuentes de aportes de microplásticos analizadas).

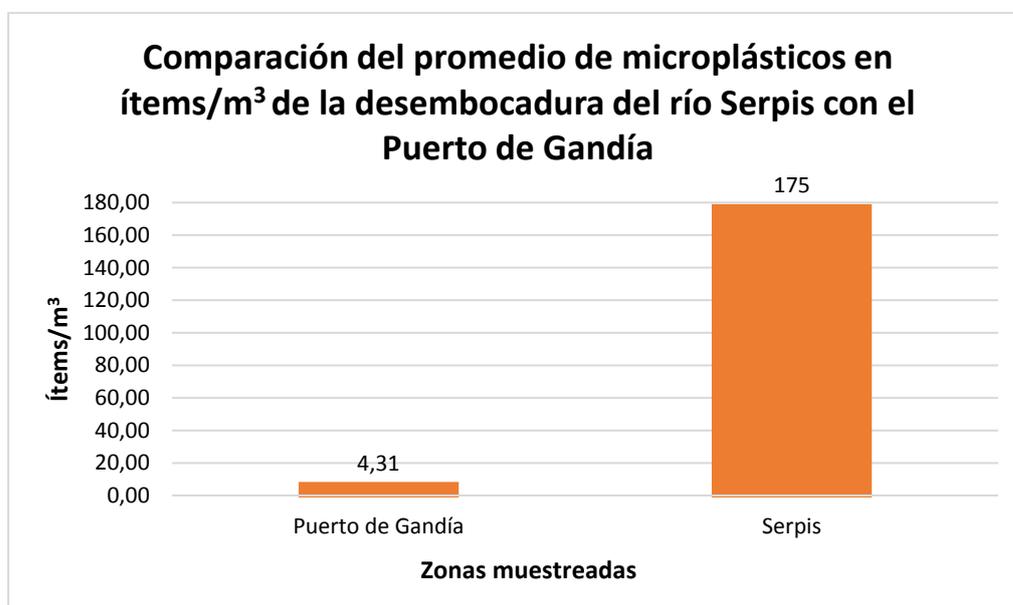


Figura 5.2: Comparación en ítems/m³ de la desembocadura del río Serpis con el Puerto de Gandía.

Como se observa en la figura 5.2, los valores del Puerto de Gandía fueron de 4,31 ítems/m³ (0,1826 mg/m³), mostrando mayor cantidad de microplásticos que en los transectos marinos estudiados. Esto puede deberse a las entradas que se producen en el Puerto, que son tanto de las propias actividades comerciales y pesqueras, como también del drenaje del Marjal de la Safor a través de los canales de Molí, Rei Nova y Ahuir, que vierten en el Puerto. Por lo que teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se muestra que además del río Serpis, otra clara fuente de aportes de microplásticos en el entorno de Gandía es el Puerto de Gandía. La otra posible fuente que no se ha podido cuantificar como está explicado anteriormente, es la EDAR de Gandía.

Para determinar cuál de las dos fuentes analizadas es más importante y aporta más materiales plásticos al entorno marino de Gandía, se llevó a cabo el cálculo aproximado de los flujos (ítems/año) del río Serpis y del Puerto de Gandía. En este cálculo fue necesario conocer el caudal de cada una de las fuentes (m^3/s) y la densidad de microplásticos obtenida en el presente trabajo (ítems/ m^3), las cuales se multiplicaron para obtener el flujo de aporte de microplásticos total al mar de las dos fuentes.

Para el cálculo del flujo que el Puerto aporta al mar, se asumió que el caudal es el igual a la suma de los caudales de las tres acequias que drenan el Marjal y desembocan en el Puerto (suma de los caudales de las acequias Molí, Rei Nova y Ahuir al desembocar en el Puerto). En la tabla 5.2, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5.2: Cálculo del flujo (ítem/año) del río Serpis y el Puerto de Gandía.

CÁLCULO DEL FLUJO DEL RÍO SERPIS Y EL PUERTO DE GANDÍA					
Transecto	Período	Caudal Q (m^3/s)	Nº partículas (ítems/ m^3)	Flujo (ítems/año)	Porcentaje
Río Serpis	2006-2016	1,94	175	10.706.472.000	99%
Puerto de Gandía	2010-2011	0,57	4,31	77.560.234	1%
Entradas totales al mar				10.784.032.234	100%

*Fuentes: Período y caudal del río Serpis (Sospedra et al., 2018) y del Puerto de Gandía (Gadea, 2016).

Los resultados obtenidos mostraron que las entradas totales de microplásticos al mar procedente de las dos fuentes analizadas es aproximadamente $1,08 \times 10^{10}$ ítems/año, siendo el río Serpis el que aporta el 99% de este flujo, por lo que es una clara evidencia de que el Serpis es el que aporta prácticamente todos los materiales plásticos al entorno de marino de Gandía, sin contar con la posible aportación de la EDAR.

Si comparamos las entradas del río Serpis con las entradas del Ebro, se observa que las del Ebro son de un orden de magnitud menor que las del Serpis, ya que el Ebro aporta $2,14 \times 10^9$ ítems/año (Simon-Sánchez et al., 2019) y el Serpis $1,08 \times 10^{10}$ ítems/año al entorno marino. Esta comparación resulta sorprendente por ser el Ebro un río mucho más caudaloso que el Serpis y drenar una cuenca mayor y muy antropizada (Falco et al., 2010). Hay que considerar que el flujo de microplásticos (ítems/año) calculado para el Serpis procede de una única medición de la densidad de microplásticos (ítems/ m^3) en el tramo final del Serpis y ésta se realizó tras un período de lluvias intensas, por lo que establecer una comparación procedente de un único muestreo con respecto a un valor medio obtenido de una sola réplica de la recolección de 1.000 L (1m^3) de agua en bidones y su posterior filtración y recolección en una red de $300\ \mu\text{m}$ de luz, no es representativo y por lo tanto, para concluir mejor esta comparación se requerirían mayor número de muestreos.

El río Serpis está regulado artificialmente por un complejo sistema de presas y canales de irrigación. Debido al clima Mediterráneo de la zona y al intensivo uso del agua que sufre el río, el tramo final del Serpis no suele presentar un flujo permanente mostrando un caudal intermitente (Sospedra et al., 2018). Por lo tanto, es probable que el dato de densidad de microplásticos medido en el mismo sea más elevado de lo normal ya que se midió tras fuertes lluvias que provocaron el lavado y arrastre de materiales en la cuenca. Esta probable sobreestimación de los flujos de microplásticos en el Serpis podría ser corregida mediante el muestreo más frecuente de este tramo, lo que proporcionaría valores más reales de los niveles de contaminación por microplásticos en este río.

Por otra parte, si tenemos en cuenta las tipologías de microplásticos, los resultados obtenidos mostraron que la tipología que más se repitió en todas las muestras de los transectos marinos fueron los filamentos (fibras de ropa, redes de pesca) con un promedio de 0,65 ítems/m³ (0,0252 mg/m³) seguida de los fragmentos con 0,22 ítems/m³ (0,0245 mg/m³), en cambio, la tipología menos encontrada fueron los pellets con un promedio de 0,00 ítems/m³ (0,0004 mg/m³). Por lo tanto, como se puede observar, en todas las muestras se obtuvieron de resultado mayores valores de filamentos y fragmentos (figura 5.3).

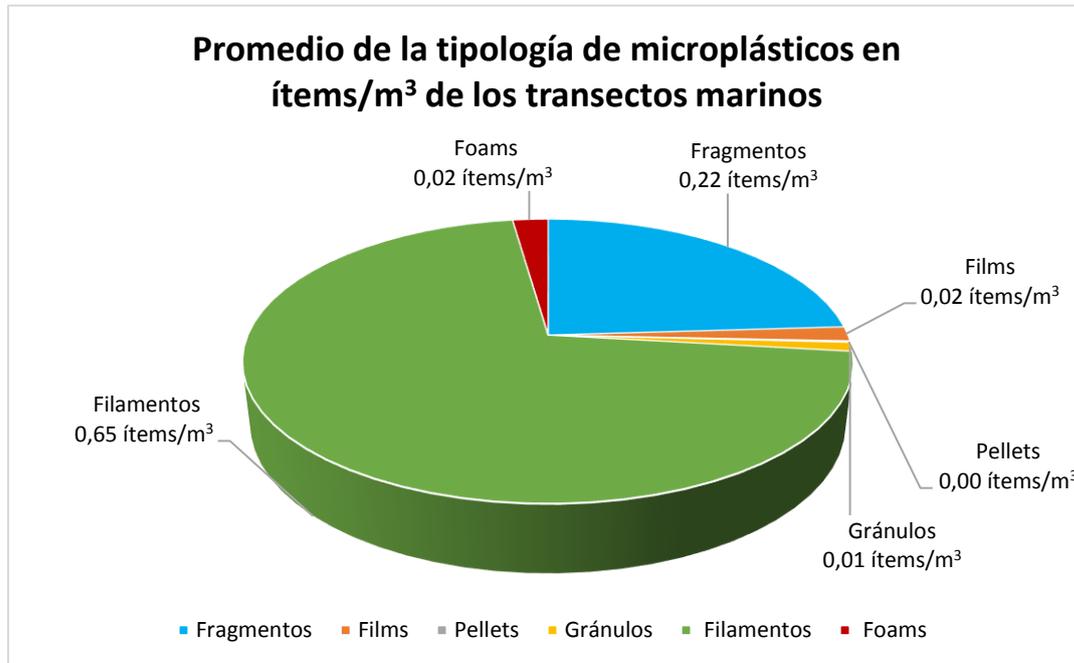


Figura 5.3: Promedio de las tipologías de microplásticos en ítems/m³ de los transectos marinos.

Existe una discrepancia con la composición del presente estudio y con la hallada por Felis (2018) ya que, en su investigación, la tipología más frecuente fue los fragmentos. A su vez, aunque en el presente estudio se analizan los microplásticos en aguas superficiales, coincide con el orden de tipologías más halladas en sedimentos del reciente estudio de Filgueiras et al. (2019), el cual determinó que, en la costa Mediterránea de España, las tipologías típicas de microplásticos en sedimentos son los filamentos (fibras), seguidas de los fragmentos.

En la desembocadura del río Serpis, los resultados obtenidos respecto a las tipologías de microplásticos mostraron valores distintos, el mayor porcentaje obtenido fueron los filamentos con 111 ítems/m³ (8,3000 mg/m³) igual que en el resto de las zonas analizadas, pero en este caso, la segunda tipología predominante fueron los foams con 38 ítems/m³ (1,6000 mg/m³). En cambio, en el Puerto de Gandía la mayor tipología obtenida fue también los filamentos con un valor de 2,52 ítems/m³ (0,0986 mg/m³), pero en este caso seguida de los fragmentos con un valor promedio de 1,56 ítems/m³ (0,0670 mg/m³). En la figura 5.4 se muestra de forma gráfica los resultados.

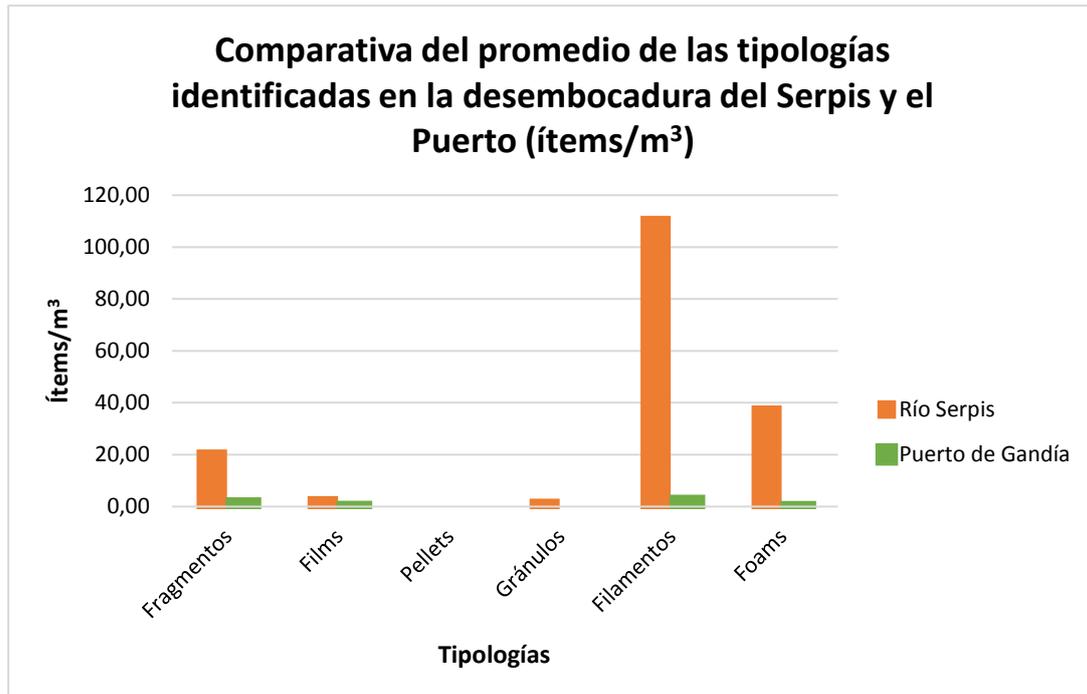


Figura 5.4: Promedio en ítems/m³ de las tipologías de la desembocadura del río Serpis y el Puerto de Gandía.

6. CONCLUSIONES

- Las partículas plásticas más encontradas fueron los microplásticos, con un valor promedio $1,22 \text{ ítems/m}^3$ ($244.726 \text{ ítems/km}^2$) en los tres transectos marinos, $4,31 \text{ ítems/m}^3$ en el Puerto de Gandía y 175 ítems/m^3 en la desembocadura del río Serpis. Los valores de macroplásticos no fueron significativos.
- El valor promedio obtenido en los transectos del mar en marzo de 2019 fue muy similar al obtenido por Felis en agosto del 2018, $1,65 \text{ ítems/m}^3$ ($329.541 \text{ ítems/km}^2$), por lo que en el mar los niveles se mantienen relativamente constantes en épocas de año distintas.
- El transecto Marenys de Rafalcaid fue el que mayor densidad de microplásticos mostró de los transectos marinos (más del doble que Xeraco y Piles). Ello evidencia que las dos fuentes de microplásticos analizadas, el río Serpis y el Puerto de Gandía, que desembocan en el área del transecto Marenys de Rafalcaid, están aportando una gran cantidad de microplásticos, siendo el río el que aporta el 99% de las entradas producidas.
- El río Serpis mostró un flujo de microplásticos muy elevado existiendo probablemente una sobreestimación a causa de realizar el muestreo tras fuertes lluvias que provocan el lavado y arrastre de materiales en la cuenca.
- De las 6 tipologías de microplásticos (fragmentos, films, pellets, gránulos, filamentos y foams) identificadas en los transectos marinos, las más abundantes fueron los filamentos seguida por los fragmentos.
- Teniendo en cuenta diversos estudios, otra posible fuente de microplásticos importante en el entorno marino de Gandía, es la EDAR Safor-Sud que vierte sus aguas a través de un emisario submarino en el ámbito de estudio, siendo una variable a tener en cuenta en posibles futuras investigaciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alessi, E. y Di Carlo, G. (2018). *Una trampa de plástico: liberando el Mediterráneo*. WWF <https://www.wwf.es/nuestro_trabajo_/naturaleza_sin_plasticos/informe__una_trampa_de_plastico/> [Consulta el 11 de agosto, 2019]

Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008*.

Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C., Barros, T. L., Kershaw, P. J., & Guilhermino, L. (2019). Macroplastics pollution in the marine environment. In *World Seas: an Environmental Evaluation* (pp. 305-328). Academic Press.

Cózar, A. et al. (2015) Plastic accumulation in the Mediterranean Sea., *PloS one. Public Library of Science*, 10(4)

De Lucia, G., Vianello, A., Camedda, A., Vani, D., Tomassetti, P., Copp, S., ... & Cicero, A. (2018). Sea water contamination in the Vicinity of the Italian minor islands caused by microplastics pollution. *Water*, 10 (8), 1108.

Driedger, A. G., Dürr, H. H., Mitchell, K., & Van Cappellen, P. (2015). Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: a review. *Journal of Great Lakes Research*, 41(1), 9-19.

Encyclopædia Britannica (2019) *Mediterranean Sea* <<https://www.britannica.com/place/Mediterranean-Sea>> [Consulta el 30 de julio, 2019]

Falco, S., Niencheski, L. F., Rodilla, M., Romero, I., del Río, J. G., Sierra, J. P., & Mösso, C. (2010). Nutrient flux and budget in the Ebro estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87(1), 92-102.

Fath, B.D. (2018). *Encyclopedia of ecology*. Elsevier

Felis Reig, N. (2018). *Microplásticos en el sector sur del Golfo de Valencia*. Trabajo Final de Máster. Valencia: Universitat Politècnica de València, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/116032>> [Consulta el 27 de junio, 2019].

Filgueiras, A. V., Gago, J., Campillo, J. A., & León, V. M. (2019). Microplastic distribution in surface sediments along the Spanish Mediterranean continental shelf. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.

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

Gadea, I. (2016) *Determinación de la influencia de los factores ambientales en las proliferaciones algales fitoplanctónicas en la zona costera de Gandía*. Tesis Doctoral no publicada. Valencia: Universitat Politècnica de València, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/63677>> [Consulta el 18 de agosto, 2019].

Generalitat Valenciana (2019) *Visor Cartográfico Valenciano* <<https://visor.gva.es/visor/>> [Consulta el 11 de julio, 2019]

Germanov, E. S., Marshall, A. D., Bejder, L., Fossi, M. C., & Loneragan, N. R. (2018). Microplastics: no small problem for filter-feeding megafauna. *Trends in ecology & evolution*, 33(4), 227-232.

Gündoğdu, S. (2017). High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey. *Su Ürünleri Dergisi*, 34(4), 401-408.

Gündoğdu, S., & Çevik, C. (2017). Micro-and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples. *Marine pollution bulletin*, 118(1-2), 341-347.

Iñiguez, M. E., Conesa, J. A., & Fullana, A. (2017). Microplastics in Spanish table salt. *Scientific reports*, 7(1), 8620.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.

K. Senathirajah, T. Palanisami, University of Newcastle, how much microplastics are we ingesting? Estimation of the mass of microplastics ingested. Report for WWF Singapore, May 2019 <<https://www.newcastle.edu.au/newsroom/featured/plastic-ingestion-by-people-could-be-equating-to-a-credit-card-a-week/how-much-microplastics-are-we-ingesting-estimation-of-the-mass-of-microplastics-ingested>> [Consulta el 27 de junio,2019].

Karbalaei, S., Hanachi, P., Walker, T. R., & Cole, M. (2018). Occurrence, sources, human health impacts and mitigation of microplastic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(36), 36046-36063.

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

Li, J., Liu, H., & Chen, J. P. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water research*, 137, 362-374.

Li, W. C., Tse, H. F., & FOK, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, 566, 333-349.

Meteo Gandía Información Meteorológica de Gandía<<http://www.meteogandia.net/recordano.php>>. [Consulta el 11 de julio, 2019]

Ministerio para la Transición Ecológica (2019) Centro de Estudios Hidrográficos. *Anuarios de Aforos, Estaciones de Aforo: Datos de estación foronómica 2015-2016*. <<http://cehflumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/estafdatos.asp?indroea=8070>> [Consulta el 11 de julio, 2019]

Ministerio para la Transición Ecológica (2019) *Guía de Playas* <<https://www.miteco.gob.es/es/costas/servicios/guia-playas/default.aspx>> [Consulta el 11 de julio, 2019]

Mintenig, S. M., Int-Veen, I., Löder, M. G., Primpke, S., & Gerds, G. (2017). Identification of microplastic in effluents of wastewater treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water research*, 108, 365-372.

Núñez Caudet, R. (2017). *Estudio de impacto ambiental de la presa de Benifairó de la Valldigna, TM de Simat de la Valldigna y Benifairó de la Valldigna (Valencia). Estudio sobre el medio biótico*. Trabajo Fin de Grado. Valencia: Universitat Politècnica de València, <<https://riunet.upv.es/handle/10251/87482>> [Consulta el 11 de julio, 2019].

Orb Media (2018). *Water: Tap, Bottled & Microplastics* <<https://orbmedia.org/blog/water-tap-bottled-microplastics>> [Consulta el 27 de junio, 2019].

Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Madariaga, D. J., & Thiel, M. (2014). Rivers as a source of marine litter—a study from the SE Pacific. *Marine pollution bulletin*, 82(1-2), 66-75.

Rendón, A. F. M. (2012). Caracterización de residuos sólidos. *Cuaderno activa*, (4), 67-72.

Rojo-Nieto, E. & Montoto Martínez, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global.

Schmidt, N., Thibault, D., Galgani, F., Paluselli, A., & Sempéré, R. (2018). Occurrence of microplastics in surface waters of the Gulf of Lion (NW Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography*, 163, 214-220.

Schneider, F., Parsons, S., Clift, S., Stolte, A., & McManus, M. C. (2018). Collected marine litter—A growing waste challenge. *Marine pollution bulletin*, 128, 162-174.

Sebastiá, M. T., Rodilla, M., Falco, S., & Sanchis, J. A. (2013). Analysis of the effects of wet and dry seasons on a Mediterranean river basin: Consequences for coastal waters and its quality management. *Ocean & coastal management*, 78, 45-55.

Sebastiá, M. T., Rodilla, M., Sanchis, J. A., Altur, V., Gadea, I., & Falco, S. (2012). Influence of nutrient inputs from a wetland dominated by agriculture on the phytoplankton community in a shallow harbour at the Spanish Mediterranean coast. *Agriculture, ecosystems & environment*, 152, 10-20.

Shahnawaz, Mohd & Sangale, Manisha & Ade, Avinash. (2019). Bioremediation Technology for Plastic Waste. 10.1007/978-981-13-7492-0.

Simon-Sánchez, L., Grelaud, M., Garcia-Orellana, J., & Ziveri, P. (2019). River Deltas as hotspots of microplastic accumulation: The case study of the Ebro River (NW Mediterranean). *Science of The Total Environment*, 687, 1186-1196.

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current environmental health reports*, 5(3), 375-386.

Sospedra, J., Niencheski, L. F. H., Falco, S., Andrade, C. F., Attisano, K. K., & Rodilla, M. (2018). Identifying the main sources of silicate in coastal waters of the Southern Gulf of Valencia (Western Mediterranean Sea). *Oceanologia*, 60(1), 52-64.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838-838.

Valencia Port, La Autoridad Portuaria de Valencia (2019). *Puerto de Gandía*. <<https://www.valenciaport.com/autoridad-portuaria/infraestructuras/terminales-e-instalaciones/puerto-de-gandia/>> [Consulta el 11 de julio, 2019]

Verschoor, A. J. (2015). Towards a definition of microplastics: Considerations for the specification of physico-chemical properties.

Viquipèdia (2018). *Barranc de Palmera*. <https://ca.wikipedia.org/wiki/Barranc_de_Palmera> [Consulta el 11 de julio, 2019]