

PROYECTO RÍOS 2021

Proyecto de investigación sobre el aporte de residuos al mar a través de los cauces fluviales en el marco del Proyecto Libera Ciencia.

INFORME ANUAL

MADRID, 28 DE DICIEMBRE DE 2021

LIBERA

UNIDOS CONTRA LA BASURALEZA



INTRODUCCIÓN

Ciencia LIBERA es un proyecto enmarcado dentro del Proyecto LIBERA diseñado para conocer el impacto de la basuralidad en Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (IBA), identificando y cuantificando la presencia de sustancias contaminantes derivadas de la presencia de residuos abandonados en el medio dentro de estos espacios y hábitats.

En este marco Asociación Paisaje Limpio con la colaboración de Asociación Vertidos Cero aplica la metodología definida en base a los conocimientos y experiencia adquiridos en los últimos años en cauces de la cuenca atlántica y mediterránea para evaluar las fuentes de origen de los residuos presentes en los ríos. Este proyecto aplica en el año 2021 dicha metodología en dos ríos de la geografía española, perfeccionando así esta con la experiencia adquirida en los años anteriores.



Imágenes 1, 2 y 3: Toma de muestras y análisis de los ríos Lagares y Llobregat

ZONAS DE ESTUDIO

Para llevar a cabo este estudio se han seleccionado dos cauces representativos para la vertientes atlántica y mediterránea, ambos pertenecientes a zonas de especial importancia para la conservación de las aves (IBAS). Las localizaciones seleccionadas han estado definidas en función de la accesibilidad, permisos y facilidades que ofrecen tanto la morfología del cauce como las autoridades competentes.

Es de especial importancia definir las características hidrológicas de los ríos muestreados para poder conocer la situación en la que se encuentran de forma detallada. Longitud, disposición en el terreno, poblaciones cercanas y usos del suelo son factores clave que determinarán las características ambientales y presiones sometidas de estos cauces en particular.

Río Lagares

El río Lagares transcurre por la ciudad de Vigo (imagen 1) siendo el principal curso que pasa por la zona, tiene un total de 15.340,53 metros de longitud y un caudal medio de 3,20 m³/s. Nace en la laguna de Mol extendiéndose por todo el sur del término municipal, atravesando las parroquias de Candeán, Cabral y Castrelos y toda la ciudad de Vigo (últimos 7 kilómetros) de este a oeste hasta su desembocadura en la playa de Samil, en la ría de Vigo (océano Atlántico).



Imagen 4. Clasificación Pfafstetter del río Lagares y sus afluentes. Geoportal (Mapama)

Es un río de 5º orden según la clasificación de Pfafstetter modificada, con afluentes de 6º y 7º orden de los cuales los principales son a la izquierda el Eifonso a la altura de Sárdoma, y el Barxa por la zona de Castrelos. Como se puede comprobar en siguiente imagen, en su desembocadura confluye con la IBA 474 “Banco de Galicia” (imagen 5), con una superficie marina de más de 800.000 ha.

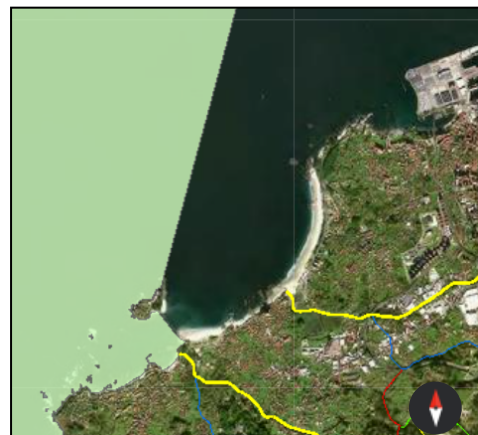


Imagen 5. IBA 474 en verde. Geoportal (MAPAMA)

En cuanto a la situación en el terreno el perfil de elevación (imagen 6) muestra una pendiente media de 3,3% y una pendiente máxima de 22,6% en el kilómetro nº 10. La elevación perdida desde el nacimiento hasta la desembocadura es de 243 metros totales.



Imagen 6. Perfil de elevación del río Lagares. Google Earth.

La ocupación del suelo (imagen 7) refleja la gran cantidad de tejido urbano discontinuo que existe alrededor de la ciudad de Vigo (rojo oscuro y rojo) así como la ubicación de zonas industriales (morado) en las márgenes del río. El resto de zonas corresponden a terrenos agrícolas (amarillo) hasta llegar a estratos más naturales de bosques de frondosas situados en el nacimiento del río (verde claro).

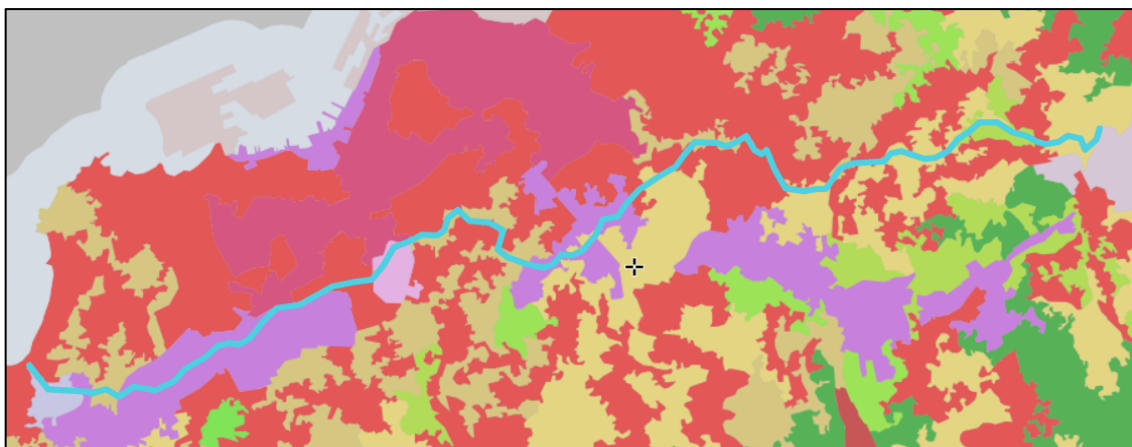


Imagen 7. Mapa de ocupación del suelo. Visor IGN.

Las zonas en los que se ha llevado a cabo las campañas de muestreo (imagen 8) corresponden a tres transectos que representan la cabecera del río (LG3) en la laguna del Mol, el tramo medio (LG2) previa entrada a la ciudad de Vigo y la desembocadura, correspondiente al tramo del río con cierta influencia de la onda de madera a 1 km de la desembocadura (LG1).

Las coordenadas correspondientes a estos transectos son:

- LG1: 42.201389°, -8.769445°
- LG2: 42.215557°, -8.715833°
- LG3: 42.227779°, -8.646111°

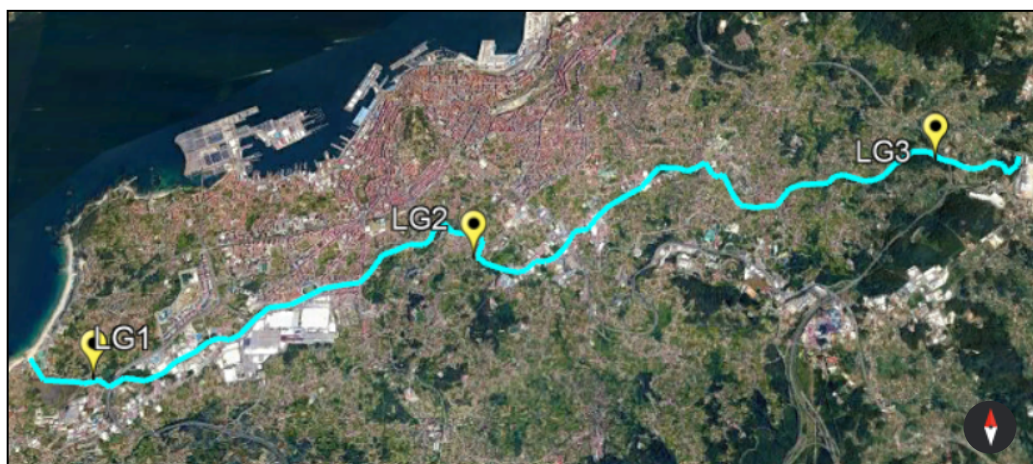


Imagen 8. Situación de los puntos de muestreo en el río Lagares. Google Earth.

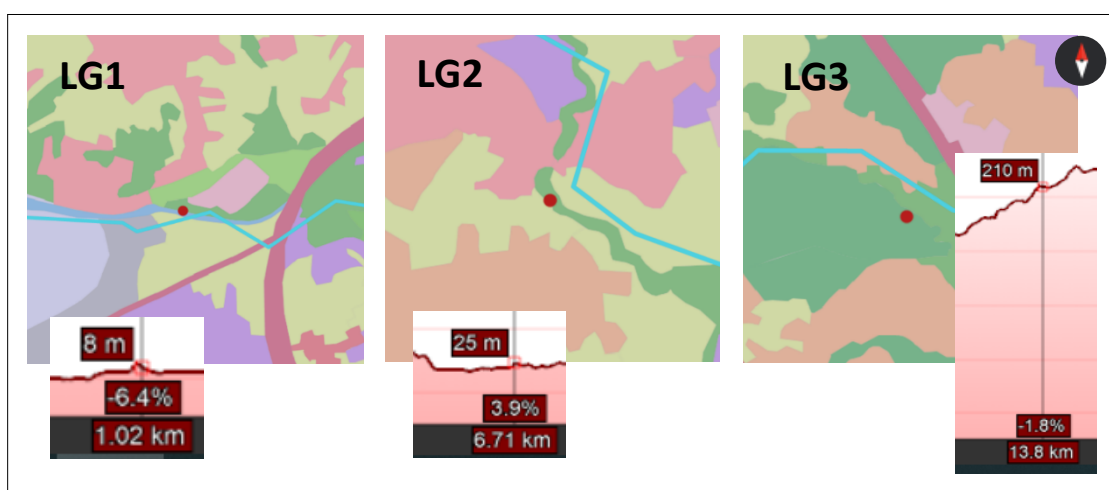


Imagen 9. Usos del suelo y elevación de los puntos de muestreo. Visor IGN y Google

Estos puntos corresponden a tres áreas de especial interés para los tramos que nos ocupan. La desembocadura (LG1) está caracterizada por ser un terreno bastante estratificado con

diferentes usos mientras que el tramo medio (LG2) y el nacimiento (LG3) van caracterizándose por ser terrenos más agrícola y forestal respectivamente (imagen 9).

En las imágenes 10, 11 y 12 podemos observar las fotografías a pie de campo de los distintos tramos del río Lagares.



Imágenes 10, 11 y 12. Cabecera, tramo medio y desembocadura del Río Lagares.

Río Llobregat

El río Llobregat es uno de los ríos más importantes de Cataluña. Nace en el municipio de Castellar de Nuch a 259 metros de altitud y desemboca en el municipio del Prat de Llobregat, en el mediterráneo (imagen 13). El río tiene una longitud de 162.295,61 metros y una cuenca (la cuenca del Llobregat) de 4.948 km².



Imagen 13. Cuenca del Llobregat.

Es un río de 2º orden, según la clasificación de Pfafstetter modificada, con afluentes de mayoritariamente de 4º y 5º orden de los cuales los principales son el río Cardener y el río Noya. En la desembocadura del río, en la cual se ha centrado el muestreo, confluye la IBA 140 “Delta del Llobregat” (imágenes 14 y 15) con 3.770 ha de superficie terrestre.



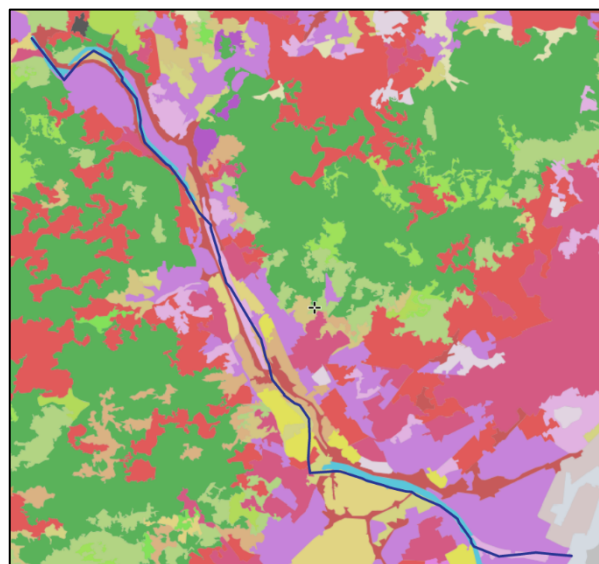
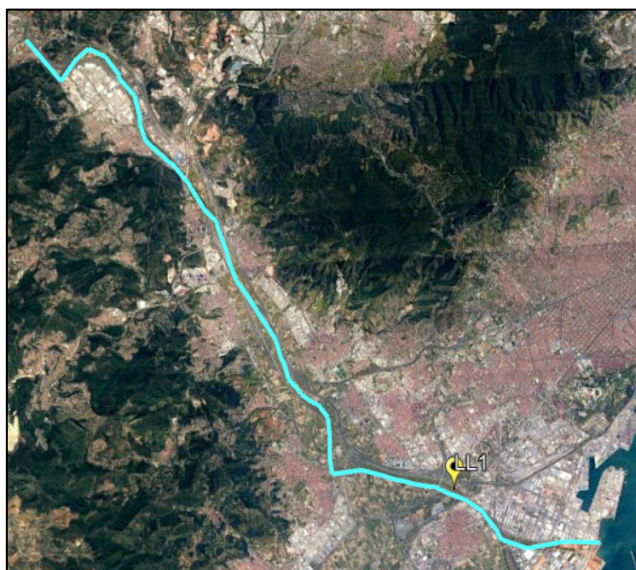
Imágenes 14 y 15. Clasificación Pfafstetter de la desembocadura del río Llobregat y relación con IBA 140.

La desembocadura o zona de estudio se define desde el punto donde emerge el río Noya, afluente del Llobregat. Desde ahí hasta el mar Mediterráneo, se extiende un perfil de elevación de 30 km con una pendiente media de un 1%, destacando como pendiente máxima de un 34% la mota o elevación situada en 2 km aguas abajo del afluente. La elevación perdida desde el inicio de la desembocadura hasta su final es de 50 metros de media (imagen 16).



Imagen 16. Perfil de elevación de los últimos 30 km del río Llobregat. Google Earth.

La ocupación del suelo de la desembocadura del Llobregat (imágenes 17 y 18) está muy fragmentada entre el tejido urbano discontinuo (rojo), bosques de coníferas (verde oscuro) y matorrales esclerófilos (verde claro) y da paso a las distintas zonas industriales (morado), cultivos en las lindes del río (amarillo) y tejido urbano continuo (rojo oscuro) de la ciudad de Barcelona.



Imágenes 17 y 18. Punto de muestreo en ortofotografía y mapa de ocupación del suelo. Google Earth / visor IGN.

En punto en el que se ha llevado a cabo el estudio (LL1) está situado estratégicamente en la zona donde comienza a emerger más claramente la mezcla de terrenos de cultivo, industriales y urbanos y donde el río sufre, por tanto, mayor presión de todo su recorrido.

Las coordenadas correspondientes al transecto de estudio son:

- LL1: 41.339192°, 2.095253°

El perfil del terreno en este punto en concreto (imagen 19) es una pequeña elevación en el tramo final del río, en concreto el punto de muestreo se sitúa a 5 kilómetros y medio de su desembocadura en el mar Mediterráneo.

En la imagen 20 podemos observar la fotografía a pie de campo del punto de muestreo del río Llobregat.

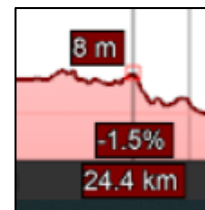


Imagen 19. Detalle del perfil.



Imagen 20. Fotografía a pie de campo del punto de muestreo.

METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo la toma de muestras de ambos ríos, distinguiéndose una caracterización hidrológica e hidroquímica centrada en las características hidrodinámicas generales y los parámetros de calidad del agua.

En todas las campañas se ha llevado a cabo la caracterización de residuos en las orillas y el cauce de los ríos estudiados y la toma de muestras de sedimentos y columna de agua para verificar la presencia de microplásticos.

Caracterización hidrológica e hidroquímica

Definición Hidrológica: Para la determinación de velocidad del caudal de los ríos se utilizó un corrientímetro, tomándose medidas en cada transecto. Para la determinación de profundidades máximas y mínimas se utilizó una sonda piezométrica con sensor de lámina de agua.

Calidad de agua: Se tomó una muestra en cada transecto. Se utilizó un envase de polietileno de alta densidad y se conservó la muestra a baja temperatura hasta su llegada a laboratorio.

Las muestras se tomaron por duplicado para tener réplicas de control. Los parámetros fueron analizados por el laboratorio de la Univ. Autónoma de Madrid (Dpto. Geología y Geoquímica):

- pH y C.E.
- Cationes mayoritarios (Na, K, Ca y Mg).
- Aniones mayoritarios (Carbonatos y bicarbonatos, sulfatos y cloruro)
- Nitratos, nitritos y amonio



Imágenes 21 y 22. Procedimiento de caracterización hidrológica y de residuos del río Llobregat.

Caracterización de Residuos

Para llevar a cabo la caracterización de los residuos observados durante los muestreos se ha utilizado la app eLitter en sus escenarios “ríos-cauce” y “ríos-orilla”. Esta aplicación permite el envío de datos *in-situ* generando un formulario cuya descarga facilita el análisis de los datos recogidos.

Para llevar a cabo la caracterización de residuos flotantes se desplegaron en cada punto las barreras diseñadas al efecto en 2019 que, manteniendo su permanencia de diferentes periodos de tiempo en función de la velocidad del río (1,5 a 2h), retenían los residuos flotantes para su posterior caracterización. Paralelamente también se realizó un conteo de residuos en las riberas.

Análisis de microplásticos

Los microplásticos, partículas de entre 1 μm y 5 mm, son un problema ambiental emergente debido a su presencia y persistencia en gran variedad de compartimentos ambientales y su capacidad para interactuar con otros contaminantes. Hasta el momento todo parece indicar que los cauces fluviales son una de las principales fuentes de introducción de microplásticos en los océanos.

El objetivo principal de este trabajo ha sido realizar la caracterización de microplásticos en la columna de agua y sedimentos de los ríos Lagares (Pontevedra) y Llobregat (Barcelona) mediante la identificación de estas partículas con lupa binocular y posteriormente con el apoyo de la técnica FTIR para definir su origen.



Metodología analítica:

- Toma de muestras:

Se tomaron tres muestras de columna de agua del río Lagares (cabecera, media y desembocadura), tres muestras de sedimento del río Lagares (cabecera, media y desembocadura), una muestra de la columna de agua del Río Llobregat y una muestra de sedimento del Río Llobregat.

Para la toma de muestras de microplásticos en sedimentos se utilizó un Core para sedimentos blandos (imagen 25).

Para la toma de muestras de microplásticos en columna de agua se utilizó un filtro metálico de apertura de malla 150µm y 8cm de diámetro. El filtro se expuso a contracorriente en la zona superficial de la columna de agua y se permitió el paso del flujo, tras medir la velocidad en ese punto, durante 3 minutos. Los volúmenes filtrados fueron:

- Llobregat: 360 L
- Lagares:
 - Cabecera, volumen de filtrado: 171 L
 - Tramo medio, volumen filtrado: 99 L
 - Desembocadura, volumen filtrado: 558 L

Las muestras para el análisis de microplásticos fueron almacenadas hasta su procesamiento a 4°C. Las muestras de agua se almacenaron en envases de vidrio, mientras que las muestras de sedimentos fueron conservadas en envases metálicos para evitar contaminación derivada del contacto con materiales plásticos.



Imagen 26. Muestra de agua y sedimentos.

- Separación e identificación:

Los microplásticos en la columna agua se analizaron siguiendo el “Protocolo para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en ríos” establecido por la Asociación Hombre y Territorio (HyT), dentro de su convenio con el proyecto LIBERA (2019). Mientras que los microplásticos en sedimentos se analizaron con un método de separación por densidad ligeramente modificado con base en el método sugerido por Hernández-Arenas et. al. (2021).

Durante todo el proceso de identificación y extracción de microplásticos, se expusieron al aire filtros en blanco como controles de calidad para evaluar una posible contaminación cruzada (Hernández-Arenas et al., 2021) (imagen 27).

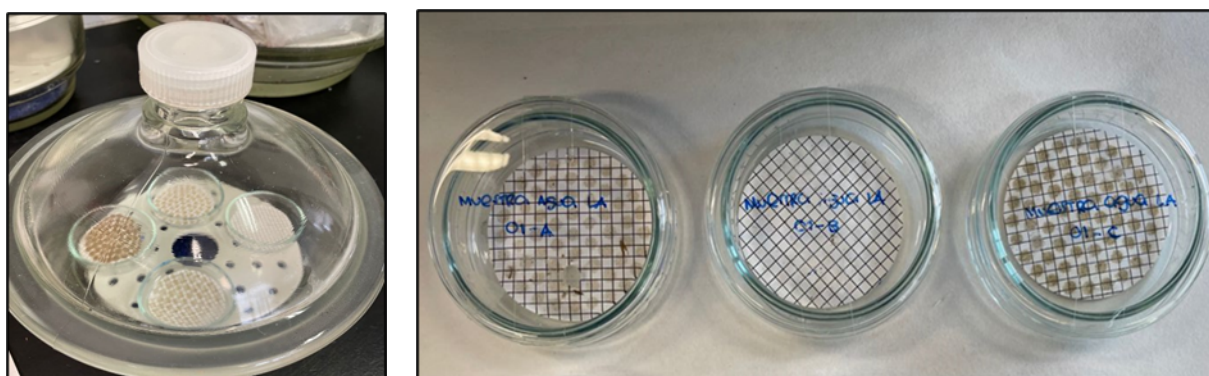


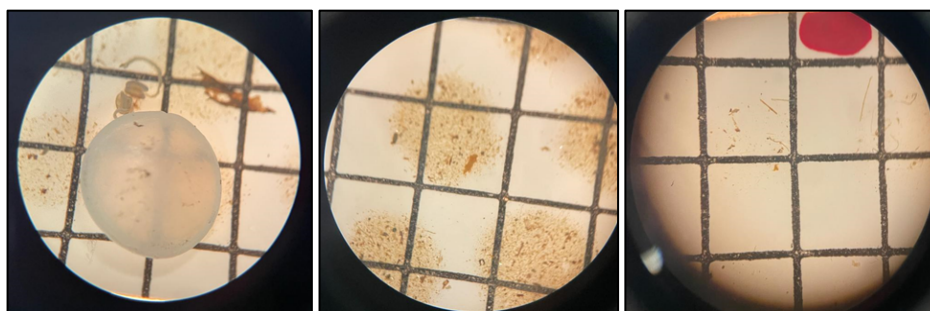
Imagen 27. Muestras filtradas en cámara de secado y preparadas para identificación en lupa.

Las muestras fueron observadas con la ayuda de una lupa binocular (imagen 28) y la identificación se llevó a cabo siguiendo la guía establecida en el Protocolo de la Asociación Hombre y Territorio (2019) (imágenes 29, 30 y 31).



Imagen 28. Lupa binocular.

Cada partícula localizada se identificó mediante los 6 tipos generales que aparecen en el protocolo (Hombre y Territorio, 2019): fibra, fragmento, esfera, film, esponja, goma): para ello previamente se descartaron fragmentos de material geológico, restos de organismos (rotíferos, moluscos, crustáceos, escamas de pez, algas, fragmentos de plantas superiores...). De esta manera, durante la visualización se registró el tipo de microplástico observado, el color y su punto de ubicación, y se tomaron fotografías de ellos a fin de generar un registro de los microplásticos identificados.



Imágenes 29, 30, 31: Partículas observadas con la lupa binocular (A) Pellet; (B) Fragmento marrón; (C) fibras.

- Identificación de polímeros

La técnica seleccionada para la identificación de la naturaleza de los elementos hallados fue la espectroscopia de transmisión de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR). Con esta técnica se obtiene, de manera rápida y fiable el espectro característico de cada elemento. Este espectro, al compararlo con la biblioteca de materiales que incorpora el equipo, indica la naturaleza del polímero.

El análisis de polímeros se realizó en el laboratorio del Servicio Interdepartamental de Investigación (SIdI) de la Universidad Autónoma de Madrid, utilizando el sistema Spotlight 200i de Perkin Elmer (imagen 32), consistente en un espectrómetro FTIR y un microscopio equipado con un detector de imagen ATR (reflectancia total atenuada). Los espectros se registraron en el modo de transmitancia de 4.000 a 550 cm^{-1} ; utilizando una resolución de 4 cm^{-1} y corregido contra el espectro de fondo del aire. Las correspondencias entre los espectros se realizaron utilizando la biblioteca de espectros disponible en el software Perkin Elmer Spectrum.

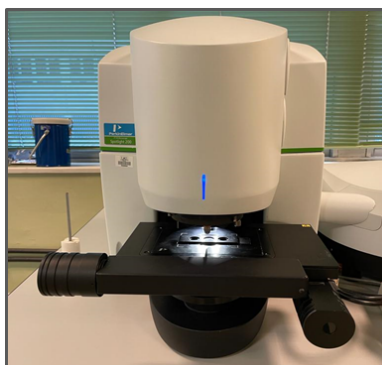


Imagen 32: Microscopio infrarrojo Spotlight 200i de Perkin Elmer

RESULTADOS GENERALES

Caracterización hidrológica e hidroquímica

Río Lagares campaña primavera-verano (tabla 1)

	LG1	LG2	LG3
Tramo	Samil, desembocadura	Sárdoma, tramo medio	Peinador, nacimiento
Prof. media	0,13 m	0,65 m	0,13 m
Vel. media	0,62 m/s	0,11 m/s	0,19 m/s

Tabla 1. Datos Lagares primavera-verano

Río Lagares campaña otoño-invierno (tabla 2)

	LG1	LG2	LG3
Tramo	Samil, desembocadura	Sárdoma, tramo medio	Peinador, nacimiento
Prof. media	0,26 m	0,74 m	0,16 m
Vel. media	0,8 m/s	0,17 m/s	0,18 m/s

Tabla 2. Datos Lagares otoño-invierno.

Río Llobregat campaña primavera-verano (tabla 3)

	LL1
Tramo	Desembocadura del Llobregat
Profundidad media	0,86 m
Velocidad media	0,25 m/s

Tabla 3. Datos Llobregat primavera-verano.

Río Llobregat campaña otoño-invierno (tabla 4)

	LL1
Tramo	Desembocadura del Llobregat
Profundidad media	0,81 m
Velocidad media	0,02 m/s

Tabla 4. Datos Llobregat otoño-invierno

Calidad del agua:

Una vez trasladadas las muestras al laboratorio del Dpto. de Geología y Geoquímica de la Universidad Autónoma de Madrid se determinaron los parámetros característicos de calidad general de las mismas (tablas 5 y 6). Se incluyó la determinación de nitratos al objeto de obtener información sobre posible afección de aguas residuales al cauce.

Río	Punto muestreo	pH	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Lagares	LG3	7,3	102
	LG2	7,3	159
	LG1	7,2	223
Llobregat	LL1	8,0	1310

Tabla 5. Parámetros físico-químicos generales.

Río	Punto muestreo	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Lagares	LG3	22,2	3,3	12,1	6,0	66,9	41,3	11,1	1,0
	LG2	21,9	12,3	20,0	19,4	63,2	40,4	18,0	2,0
	LG1	26,8	12,3	40,9	14,9	47,8	41,7	29,7	2,9
Llobregat	LL1	158,0	166,0	204,0	10,0	113,0	31,0	119,0	25,7

Tabla 6. Iones mayoritarios y nitratos (mg/l).

Análisis de microplásticos

Los microplásticos encontrados se clasificaron en cuatro grupos principales, fibras, fragmentos, films y esferas (Tabla 7). Las fibras exhibieron superficies lineales y rugosas; los fragmentos representaron una combinación de superficies lisas con bordes irregulares y afilados; los films estructuras lisas y ligeras, con irregularidades en los extremos; y las esferas con formas redondeadas.

Muestra	Fibras (FB)	Fragmento (FR)	Esferas (EF)	Films (FL)	Total (MP/ litro)
LA-A-W	6	2	1	0	0,16
LA-B-W	19	5	0	1	0,76
LA-C-W	39	7	4	1	0,27
LL-W	10	0	0	0	0,08

Tabla 7. Microplásticos encontrados. LA = río Lagares, LL = río Llobregat

En todos los puntos de muestreo, se ha observado que la forma de microplástico dominante en la columna de agua ha sido del tipo fibra con un 67% como promedio en el río Lagares y un 100% en el Llobregat. Estos resultados coinciden en gran medida con las investigaciones desarrolladas por García-Astillero (2019), Dos Santos Leonor (2020) y León-Muez et al. (2020), que encontraron fibras como partículas mayoritarias en sus trabajos, seguidas de fragmentos.

Para la identificación de polímeros se seleccionaron 21 partículas de las muestras de agua y 17 partículas de las muestras de sedimento que fueron analizados por FTIR. De las 38 partículas individuales a validar con FTIR, el 74% fueron confirmadas como microplásticos, siendo el 26% restante materiales no plásticos o con resultado desconocido (Tabla 8), datos muy similares a los obtenidos en el primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular desarrollado por León-Muez et al. (2020). En la tabla 8, se presenta el cuadro de identificación de cada partícula.

Columna de agua		Sedimentos	
Polímero	Total	Polímero	Total
Rayón	6	Rayón	7
Polietilenimina	2	Poliéster	3
Polietileno	2	Metacrilato	1
Nylon	2	Polietileno	1
Azlon	2		
Acrílico	1		
Poliéster	1		

Tabla 8. Polímeros identificados.

Se identificaron un total de 8 tipos de polímeros y derivados. Entre los polímeros detectados, el rayón fue el más abundante seguido del poliéster, además de observarse polietileno, polietilenimina, azlon, nylon, acrílico y poliéster (Tabla 8).

Como se puede observar (Tabla 8) tanto en la columna de agua como en sedimentos, el polímero más abundante fue el rayón. De la misma manera, Peng et al. (2017) obtuvieron este material como polímero predominante. El rayón es una fibra textil sintética hecha de celulosa. En el mismo estudio se aclara que si bien técnicamente no es un plástico, se ha considerado dentro de los resultados debido a que representan un peligro para las especies marinas.

El poliéster fue el segundo polímero más encontrado en las muestras de sedimento y presente también en las muestras de agua. Este polímero se encuentra frecuentemente en botellas de agua y refrescos, entre otros (Plastics Europe, 2019); y es utilizado comúnmente en ropa sintética, suele estar asociado a áreas densamente pobladas (Wang et al. 2021).

Otro polímero identificado en ambos tipos de muestras fue el polietileno (PE), un polímero de baja densidad muy común en aguas (Dos Santos Leonor, 2020), y que probablemente resulta de la fragmentación de residuos plásticos de mayor tamaño frecuentemente utilizados en la fabricación de envases.

Además, se encontraron otros tipos de polímeros que sólo aparecen en las muestras de agua como polietilenimina, nylon, celulosa, azlon y acrílico, en su mayoría fibras que están presentes comúnmente en la fabricación de textil.

Discusión de Resultados

Teniendo en cuenta la calidad físico-química del agua, en concreto la presencia de nitratos, que suele estar relacionado con contaminación difusa por actividad agrícola o descargas de aguas residuales, se ha tratado de establecer la posible correlación entre la presencia de microplásticos y la concentración de nutrientes (nitratos) que de existir indicarían como fuente más probable de estas partículas descargas de depuradoras próximas. (Figura 1).

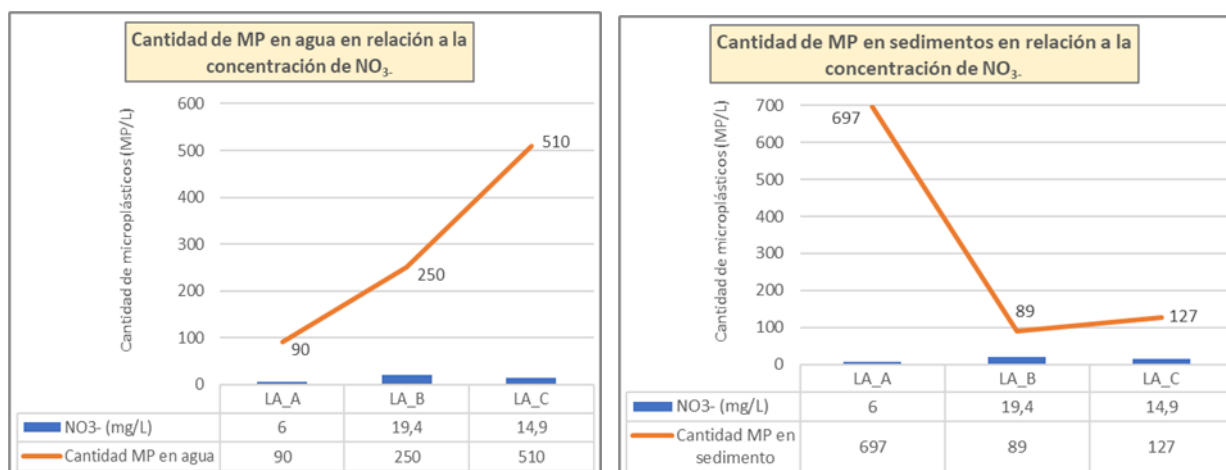


Figura 1. (A.) Cantidad de microplásticos en la columna agua del río Lagares en función a la concentración de NO₃- (B.) Cantidad de microplásticos en sedimentos del río Lagares en función a la concentración de NO₃-.

En la cabecera del río Lagares (LA-A) se tiene la menor concentración de nitratos (6 mg/L) y la menor cantidad de microplásticos, mientras que en el tramo medio (LA-B) se tiene la mayor concentración de nitratos (19,4 mg/L) con un aumento en la cantidad de microplásticos de y en la desembocadura (LA-C) con una concentración de nitratos de 14,9 mg/L se observó la mayor cantidad de microplásticos (Figura 1). Esta correlación se acerca a lo esperado, observar mayor cantidad de partículas con el incremento de nitratos, excepto en desembocadura, aunque la disminución en la concentración de nitratos puede derivar de un efecto dilución debido a la entrada de la onda de marea (incremento de cloruros, Tabla 6).

En cuanto a la cantidad de microplásticos analizados en los sedimentos del río Lagares con relación a la concentración de nitratos se obtiene lo opuesto de lo observado en la columna de agua, encontrándose la mayor cantidad de microplásticos al tener la menor concentración de nitratos (6 mg/L) y menor cantidad de microplásticos observados al contar con la mayor concentración de nitratos (19,4 mg/L), no parece existir una correlación directa en este caso entre ambas variables, pudiendo en este caso derivar la distribución de microplásticos de otras variables tales como flotabilidad de las partículas, energía del cauce en cada punto y granulometría del sedimento..., variables que no han sido abordadas en este estudio y pueden ser objeto de estudios posteriores.

Caracterización de residuos

Los resultados para los dos escenarios muestreados en cada río (cauce y orillas), pueden ser consultados en su totalidad en el anexo III de este informe, así como ser descargados del visor eLitter (elitter.org).

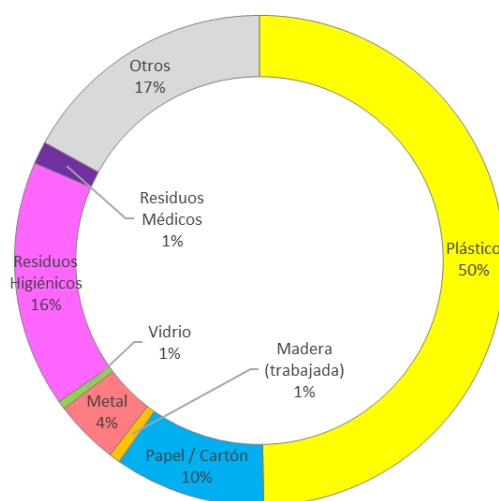
El río Lagares se caracterizó tanto en orillas como en el cauce mediante la ayuda de trajes vadeadores y de una barrera para atrapar los residuos flotantes. Se han caracterizado más de 450 objetos en ambos escenarios del río, 139 correspondientes a orilla y 402 correspondientes a cauce. Los datos de residuos recogidos en cada punto son:

	Orilla (Nº de objetos)	Cauce (Nº de objetos)
LG1 (desembocadura)	69	68
LG2 (tramo medio)	26	160
LG3 (nacimiento)	29	104

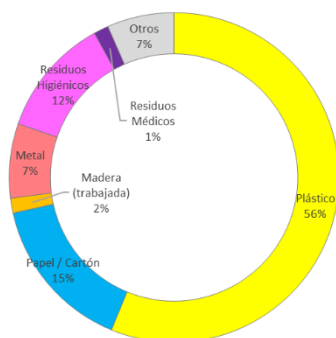
Tabla 9. Objetos totales encontrados. Río Lagares.

Los mayores valores de residuos corresponden al escenario de cauce, de manera notable en tramo medio y desembocadura. Mientras que en el nacimiento ambos escenarios están parejos en el número de residuos y en la poca cantidad, esto se va incrementando ya desde el tramo medio para mayor número de objetos en cauce. (Tabla 9).

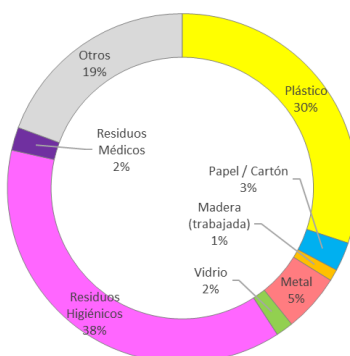
Los resultados de las caracterizaciones realizadas arrojan los siguientes datos (porcentaje por categoría y TOP X):



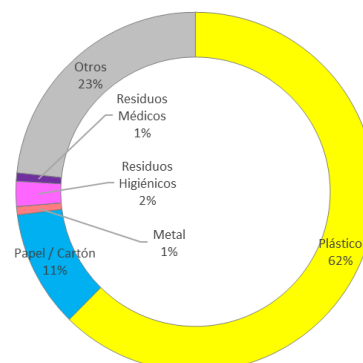
LG1 - Desembocadura



LG2 -Tramo medio



LG3 - Nacimiento



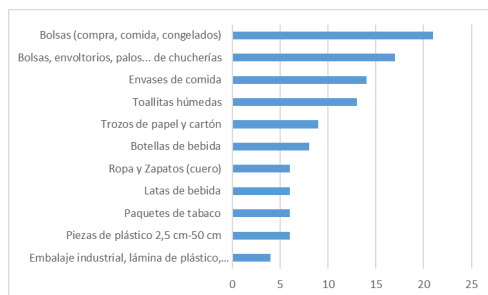
Gráficos 1, 2, 3 y 4. Porcentaje por categorías de residuos del total del río Lagares y por tramos.

Dentro del porcentaje por categorías general, la fracción mayoritaria de residuos corresponde a “Plástico”, seguido de “otros” y “residuos higiénicos”, donde destacan los materiales de construcción y las toallitas húmedas, problema recurrente en el río Lagares.

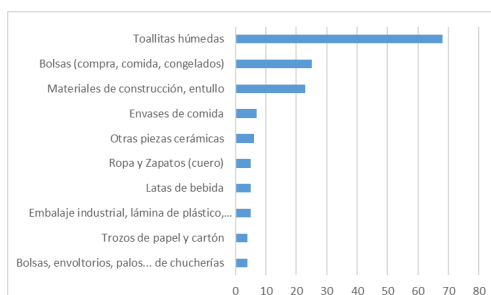
En los gráficos de subdivisión del estudio por puntos de muestreo (gráficos 2, 3 y 4) nos encontramos con una diferente disposición de los residuos según el tramo. Mientras que en el tramo medio se acumulan sobre todo toallitas húmedas, en el nacimiento sobresalen plásticos y otros, mientras que en la desembocadura vuelve a plásticos.



LG1 - Desembocadura



LG2 -Tramo medio



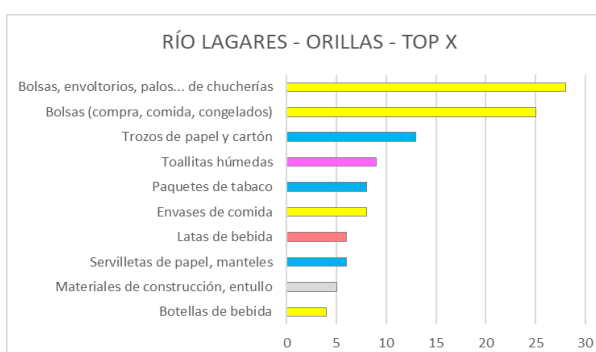
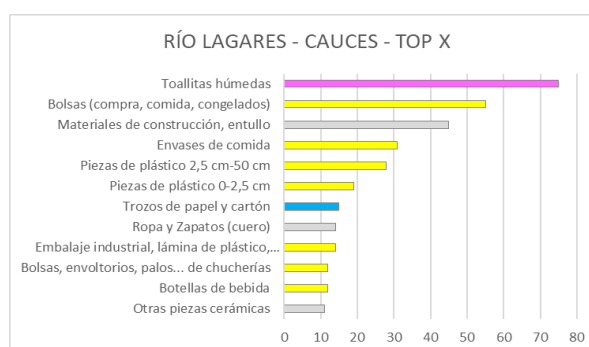
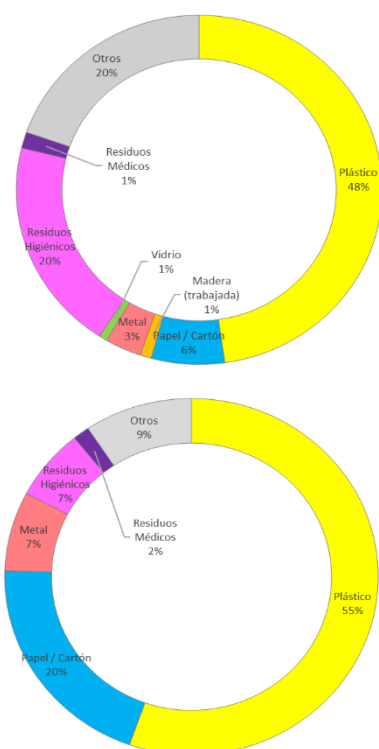
LG3 - Nacimiento



Gráficos 5, 6, 7 y 8. Top X por ítem del total del río Lagares y por tramos.

En cuanto al TOP X (gráfico 5) se repite la misma tendencia observada en los gráficos por categorías siendo toallitas húmedas, bolsas y materiales de construcción los residuos más abundantes. Para los TOP X según el tramo, encontramos los residuos muy disgregados, y tanto LG1 como LG3 con abundantes residuos dentro del 80%, en el tramo medio, sin embargo, encontramos una predominancia de toallitas húmedas, bolsas y materiales de construcción con respecto a otros residuos que reflejará en el TOP X general (gráfica 5).

Por último y si dividimos las muestras tomadas en las diferentes zonas como son orilla y cauce, se pueden observar los siguientes resultados:



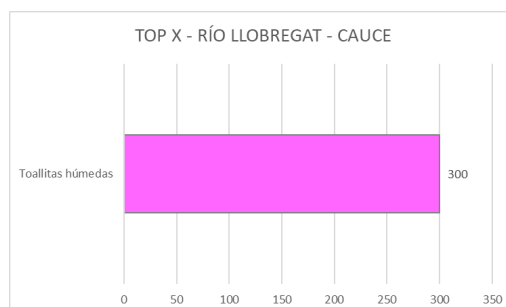
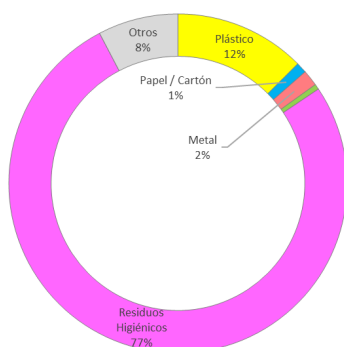
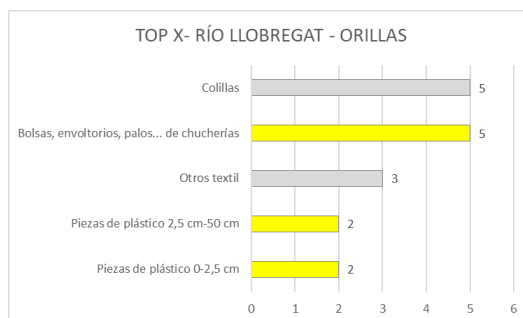
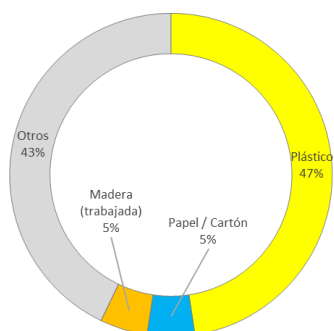
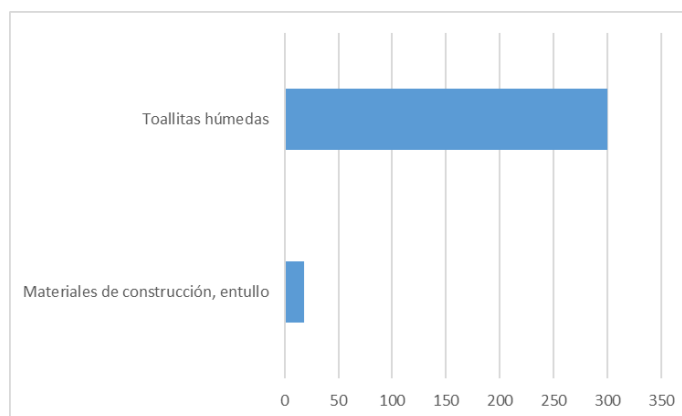
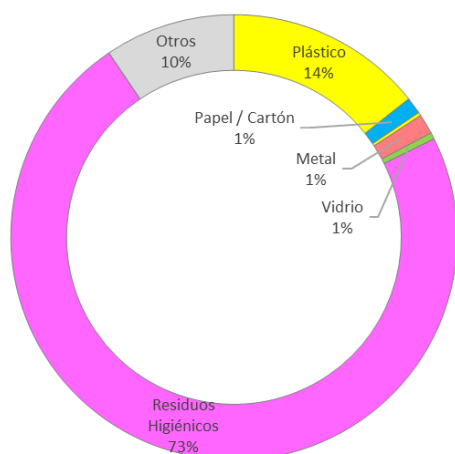
Gráficos 9, 10, 11 y 12. Porcentaje y Top X del río Lagares. Orillas y Cauces.

Existe una enorme diferencia entre los objetos mayoritarios que aparecen en las orillas y los que aparecen en el cauce y parece indicar que los residuos del cauce son predominantemente derivados de los sistemas de depuración que descargan en el río (toallitas húmedas).

El río Llobregat se ha caracterizado tanto en sus orillas como en el cauce, alrededor del punto LL1. Se caracterizó mediante la ayuda de trajes vadeadores (observación de fondos) y barreras (residuos flotantes).

Se han caracterizado alrededor de 300 objetos en ambos escenarios del río, 21 correspondientes a orilla y 242 correspondientes a cauce, siendo la mayoría toallitas húmedas.

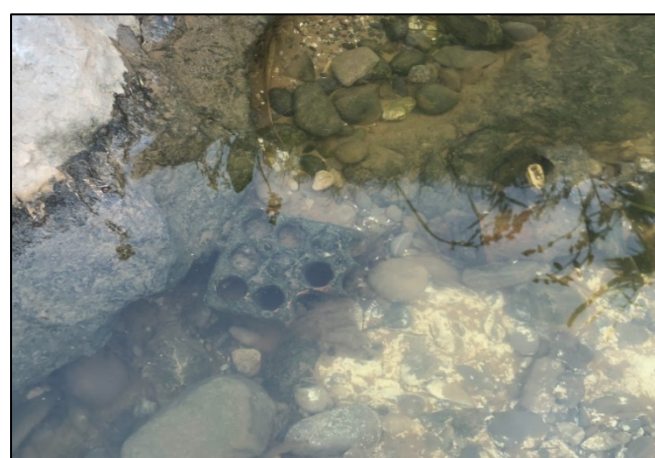
Los residuos por categorías globales y en cada uno de los escenarios son:



Gráficos 13, 14, 15, 16, 17 Y 18. Porcentaje y Top X del río Lagares. General,

Se puede comprobar en el estudio que, al igual que con el río Lagares, en la desembocadura del río Llobregat son mayoritarias las toallitas húmedas, seguida de materiales de construcción (imágenes 36 y 37).

Igualmente, si distinguimos por tipo de escenario hay situaciones muy diferentes. En las orillas (gráficos 15 y 16) el tipo de objetos que componen el Top X es mayor (5 objetos), en el cauce (gráficos 17 y 18) únicamente aparecen toallitas húmedas como componente del Top X, fruto de la proximidad de la EDAR de San Feliu aguas arriba.



Imágenes 34, 35, 36, 37. Situación del río Llobregat durante el muestreo.

CONCLUSIONES

Hecho el estudio de las zonas de los ríos a caracterizar y tomadas las muestras de caracterización en orilla y cauce, se puede concluir que ambas zonas sufren una importante presión antrópica debido principalmente a su proximidad a zonas industriales y núcleos urbanos. Esto es especialmente relevante dada su cercanía a zonas naturales y vulnerables.

Los resultados de calidad de agua indican para el río Lagares un agua bicarbonatada cálcica en su nacimiento, que va derivando hacia el punto de desembocadura en un agua clorurada cálcico-magnésica con un incremento importante en el ion sodio, lo que muestra influencia para onda de marea. El río Llobregat presenta un agua clorurada sódica, aunque los altos valores de carbonatos, sulfatos y calcio (tabla 5) indican que aguas arriba hay una calidad de agua de tipo carbonatada sulfatada cálcica.

La presencia de nitratos indica impacto antrópico, un agua contaminada se considera a partir de 25 mg/l (Real Decreto 140/2003). Además, podemos ver en el Lagares que existe un incremento importante desde cabecera hasta el tramo medio, probablemente por la descarga de aguas residuales de la ciudad de Vigo. Este incremento se mantiene hasta la desembocadura. En el río Llobregat también se aprecia la presencia de nitratos, indicativo de que el cauce recibe aguas residuales y posibles filtraciones derivadas de la actividad agrícola del entorno.

En cuando a la caracterización de residuos, el caso del río Lagares, en la desembocadura observamos una diversificación de residuos mayor en las orillas siendo más concentrados en el cauce. En el caso del río Llobregat, el punto refleja una presión antrópica importante tanto por las zonas industriales que lo rodean como por la situación aguas arriba de la EDAR Sant Feliu, hecho por el que se han encontrado multitud de toallitas húmedas en toda la zona alrededor del punto muestreado.

En ambos casos se observa una cantidad preocupante de toallitas húmedas en cauce, las cuales van a parar sin remedio al mar, océano y espacios naturales.

Los residuos flotantes caracterizados en cauce fueron casi inexistentes frente a aquellos que aparecen en el fondo del cauce, tanto en el río Lagares, como en el Llobregat, lo cual parece indicar que el mayor aporte a los mares es derivado de la dinámica de sedimentos, es decir directamente por movilización del lecho del río hacia el mar en momentos de alta energía del cauce (crecidas, temporales...). Este punto debería ser objeto de un estudio pormenorizado teniendo en cuenta un modelo adecuado de dinámica de sedimentos en cada zona.

Respecto a los microplásticos, las fibras fueron el tipo predominante de microplásticos en todas las muestras, seguido por los fragmentos y en menor proporción se encontraron esferas y films.

Los polímeros caracterizados con mayor frecuencia coinciden con los empleados en la industria textil, lo cual apoya la caracterización de visu y un origen común ligado a la descarga de plantas depuradoras.

Existe correlación entre la concentración de nitratos y la cantidad de microplásticos presente en la columna de agua del río Lagares pudiendo ser la descarga de aguas residuales la fuente principal de este contaminante.

En el caso de microplásticos presentes en sedimento la correlación no parece existir, sería necesario el análisis pormenorizado de otras variables para ver si su aporte deriva igualmente de descargas de plantas depuradoras o podemos suponer otro origen (deposición prolongada en ribera y cauce, etc.).

Bibliografía

- Asociación Hombre y Territorio, 2019. "Protocolo para la planificación, muestreo, análisis e identificación de microplásticos en ríos". en: https://proyectolibera.org/wpcontent/uploads/2020/06/Protocolo_muestreo_an%C3%A1lisis_micropl%C3%A1sticos_r%C3%ADos_Proyecto_Libera_HyT-web.pdf.
- Dos Santos Leonor, D.A., 2020. "Microplásticos em águas e sedimentos da costa algarvia". Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. (Lisboa, Portugal), 115 pp
- García-Astillero Honrado, A., 2019. "Microplastics in water and sediment of artificial sedimentation ponds and natural lakes in the municipality of Bø i Telemark (Norway)". Trabajo fin de Máster. (Madrid, España), 95 pp
- Hernández-Arenas, R.; Beltrán-Sanahuja, A.; Navarro-Quirant, P.; Sanz-Lázaro, C., 2021. "The effect of sewage sludge containing microplastics on growth and fruit development of tomato plants". Journal Elsevier. 268 (2021) 115779
- León-Muez, D; Peñalver-Duque, P; Ciudad Trilla, C; Muñoz, M; Infante, O; Güemes Santos, S; Parrilla Giráldez, R; Serrano-Martín, L., 2020. Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular. Ecosistemas Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente. 29 (3), 2087
- Peng, G.; Zhu, B.; Yang, D.; Sua, L.; Shi, H.; Li, D.; 2016. "Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China". Environmental Journal Elsevier. 225 (2017) 283-290
- Plastics Europe. 2019. Plastics Europe - association of plastics manufactures. Disponible en <https://www.plasticseurope.org/en>.
- Wang, F; Wu, H; Wu, W; Wang, L; Liu, J; An, L; Xu, Q. 2021. "Microplastic characteristics in organisms of different trophic levels from Liaohu Estuary, China". Journal Elsevier. 789 (2021), 148027.

ANEXO I

Leyenda CORINE

Cubierta terrestre CORINE (Escala < 1:100.000)

 Tejido urbano continuo	 Bosques de frondosas
 Tejido urbano discontinuo	 Bosques de coníferas
 Zonas industriales o comerciales	 Bosques mixtos
 Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	 Pastizales naturales
 Zonas portuarias	 Landas y matorrales mesófilos
 Aeropuertos	 Matorrales esclerófilos
 Zonas de extracción minera	 Matorral boscoso de transición
 Escombreras y vertederos	 Playas, dunas y arenales
 Zonas en construcción	 Roquedo
 Zonas verdes urbanas	 Espacios con vegetación escasa
 Instalaciones deportivas y recreativas	 Zonas quemadas
 Tierras de labor en secano	 Glaciares y nieves permanentes
 Terrenos regados permanentemente	 Humedales y zonas pantanosas
 Arrozales	 Turberas y prados turbosos
 Viñedos	 Marismas
 Frutales	 Salinas
 Olivares	 Zonas llanas intermareales
 Prados y praderas	 Cursos de agua
 Cultivos anuales y permanentes asociados	 Láminas de agua
 Mosaico de cultivos	 Lagunas costeras
 Terrenos agrícolas con vegetación natural	 Estuarios
 Sistemas agroforestales (dehesa)	 Mares y océanos

ANEXO II

Caracterizaciones Elitter

Municipio	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo
ID Recogida	2463	2464	2468	2673	2674	2675	2676
Nombre/organización	LAGARES 1	LAGARES 2	LAGARES 3	Paisaje Limpio	Paisaje Limpio	Paisaje Limpio	Paisaje Limpio
Fecha	09/06/2021	09/06/2021	09/06/2021	09/06/2021	09/06/2021	09/06/2021	09/06/2021
Comunidad Autónoma	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia
Provincia	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra
Longitud muestreada (m)	100	100	100	100	100	100	100
Anchura muestreada (m)	3	6	8	6	6	6	6
Escenario	Cauce	Cauce	Cauce	Orilla - Río	Orilla - Río	Orilla - Río	Orilla - Río
Coordenadas iniciales	42.2263908,-8	42.2155571,-8	42.2011108,-8	42.2166672,8	42.2000008,8	42.2000008,8	42.2000008,8
Coordenadas finales	42.2263908,-8	42.2155571,-8	42.2013893,-8	0.1000000,0.1	0.1000000,0.1	0.1000000,0.1	0.1000000,0.1
Items Totales	71	114	25	15	19	24	23
Plástico							
Bolsas (compra, comida, congelados)	10	13	5	5	7	3	2
Botellas de bebida		1	5	1		1	
Tapas y Tapones							
Bolsas, envoltorios, palos... de chucherías	4			1	2	3	3
Pajitas, Cubiertos, Vasos, Tazas, Copas							
Envases de comida	6	3	5				2
Envases de cosmético							
Cuerdas/ Cordeles	1						
Cintas de embalaje (flejes, bridas...)		3					1
Embalaje industrial, lámina de plástico, burbuja...	2	5	3				
Envases de aceite de motor, pegamento, silicona (incluido aplicador)							
Envases de limpiadores	1						
Cintas portatalas							
Envases agrícolas (fertilizantes, pesticidas...)							
Bidones grandes (> 25 litros)							
Tuberías	1						
Piezas de plástico 0-2,5 cm	8	1			2		
Piezas de plástico 2,5 cm-50 cm	9	2		1			
Piezas de plástico > 50 cm							
Otros objetos Plásticos identificables (bolis, mecheros...)	2						
Papel / Cartón							
Servilletas de papel, manteles						3	
Brik (leche,zumos...)	2						
Cajas de cartón y fragmentos	1						
Paquetes de tabaco	2					4	1
Bolsas de papel						1	
Periódicos y Revistas							
Trozos de papel y cartón	7	1		1	3	2	6
Otros papel/cartón (especificar en observaciones)							
Madera (trabajada)							
Corchos							
Palos de helados, cubiertos...							
Palés							
Cajas de madera			1				
Otras piezas de madera < 50 cm							
Otras piezas de madera > 50 cm		1	1				
Metal							
Latas de bebida		1	1			3	
Tapas y Tapones, chapas, anillas de latas de bebida							
Papel de aluminio	1				1	2	
Envases de comida, latas de conservas, bandejas...							
Sprays							
Bidones de aceite							
Botes de pintura							
Otras piezas metálicas < 50 cm		1	1				
Otras piezas metálicas > 50 cm		1					
Vidrio							
Botellas y Tarros de vidrio		2					
Piezas de vidrio							
Aparatos eléctricos y baterías							
Baterías, pilas							
Cables							
Bombillas, Fluorescentes							
Aparatos eléctricos (ordenadores, neveras, teléfonos...)							
Residuos Higiénicos							
Preservativos (incluido envoltorios)							
Bastoncillos para los oídos							
Compresas, salvavips		2					
Toallitas húmedas	1	52			1		8
Tampones (incluidos aplicadores)							
Residuos Médicos							
Envases y Tubos de medicamentos							
Jeringuillas y agujas							
Otros (algodón, vendas...)	1	1	2		2		
Otros							
Colillas	3				1	2	
Chicles							
Restos de comida							
Goma (globos, balones, cintas, válvulas...)							
Neumáticos							
Ropa y Zapatos (cuero)	1	3	1				
Otros textil	1						
Materiales de construcción, entullo	6	17		4			
Otras piezas cerámicas	1	4		2			
Heces de animales domésticos							
Otros (especificar en observaciones)							

Municipio	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo	Vigo
ID Recogida	3152	3153	3154	3155	3156	3160	3161	3162
Nombre/organización	Asociación V	Asociación V	Asociación V	Asociación V	Asociación V	Asociación V	Asociación V	Asociación V
Fecha	09/11/2021	09/11/2021	09/11/2021	09/11/2021	09/11/2021	09/11/2021	09/11/2021	09/11/2021
Comunidad Autónoma	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia	Galicia
Provincia	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra	Pontevedra
Longitud muestreada (m)	100	100	100	100	100	100	50	100
Anchura muestreada (m)	4	6	6	6	6	12	6	6
Escenario	Cauce - Río	Orilla - Río	Orilla - Río	Cauce - Río	Orilla - Río	Cauce - Río	Orilla - Río	Orilla - Río
Coordenadas iniciales	42.2261988,	42.2253849,	42.2252334,	42.2271051,	42.2151986,	42.1940862,	42.1940862,	42.2009158,
Coordenadas finales	42.2261988,	42.2267916,	42.2264325,	42.2153912,	42.2153753,	42.1940862,	42.2009158,	42.2009158,
Items Totales	33	5	9	46	7	43	15	7
Plástico								
Bolsas (compra, comida, congelados)	5	1	2	5		8	2	1
Botellas de bebida	4	1	1			2		
Tapas y Tapones		1	1					
Bolsas, envoltorios, palos... de chucherías	2			1	1		7	4
Pajitas, Cubiertos, Vasos, Tazas, Copas			1	1		2	1	
Envases de comida	4	1	2	3	1	6	1	
Envases de cosmético				1				
Cuerdas/ Cordeles								
Cintas de embalaje (flejes, bridas...)								
Embalaje industrial, lámina de plástico, burbuja...	1					1		
Envases de aceite de motor, pegamento, silicona (incluido aplicador)								
Envases de limpiadores								
Cintas portatalas								
Envases agrícolas (fertilizantes, pesticidas...)								
Bidones grandes (> 25 litros)								
Tuberías								
Piezas de plástico 0-2,5 cm	1							
Piezas de plástico 2,5 cm-50 cm	3				1	5	1	
Piezas de plástico > 50 cm				3		2		
Otros objetos Plásticos identificables (bolis, mecheros...)						1		
Papel / Cartón								
Servilletas de papel, manteles					1		1	
Brik (leche,zumos...)								
Cajas de cartón y fragmentos						1		
Paquetes de tabaco			1				1	
Bolsas de papel								
Periódicos y Revistas								
Trozos de papel y cartón								1
Otros papel/cartón (especificar en observaciones)								
Madera (trabajada)								
Corchos								
Palos de helados, cubiertos...								
Palés								
Cajas de madera								
Otras piezas de madera < 50 cm								
Otras piezas de madera > 50 cm				1				
Metal								
Latas de bebida				3	1	1	1	
Tapas y Tapones, chapas, anillas de latas de bebida								
Papel de aluminio					1			
Envases de comida, latas de conservas, bandejas...								
Sprays								
Bidones de aceite								
Botes de pintura								
Otras piezas metálicas < 50 cm				1				
Otras piezas metálicas > 50 cm						1		
Vidrio								
Botellas y Tarros de vidrio				1				
Piezas de vidrio								
Aparatos eléctricos y baterías								
Baterías, pilas								
Cables								
Bombillas, Fluorescentes								
Aparatos eléctricos (ordenadores, neveras, teléfonos...)								
Residuos Higiénicos								
Preservativos (incluido envoltorios)								
Bastoncillos para los oídos								
Compresas, salvasilps						3		
Toallitas húmedas	2			15		5		
Tampones (incluidos aplicadores)								
Residuos Médicos								
Envases y Tubos de medicamentos				1				
Jeringuillas y agujas	0							
Otros (algodón, vendas...)								
Otros								
Colillas								
Chicles								
Restos de comida								
Goma (globos, balones, cintas, válvulas...)				1				1
Neumáticos								
Ropa y Zapatos (cuero)	2	1		2		5		
Otros textil			1					
Materiales de construcción, entullo	7			5	1			
Otras piezas cerámicas	2			2				
Heces de animales domésticos								
Otros (especificar en observaciones)								

Municipio	Sant Boi de Llobregat	Sant Boi de Llobregat
ID Recogida	JUN 3158	
Nombre/organización	Bea Paisaje Limpio	
Fecha	08/06/2021	09/11/2021
Comunidad Autónoma	Catalunya	Catalunya
Provincia	Barcelona	Barcelona
Longitud muestreada (m)	100	100
Anchura muestreada (m)	6	6
Escenario	Cauce - Río	Cauce - Río
Coordenadas iniciales		41.3496911,2
Coordenadas finales		
Items Totales	262	129
Plástico		
Bolsas (compra, comida, congelados)	4	13
Botellas de bebida		3
Tapas y Tapones		
Bolsas, envoltorios, palos... de chucherías	2	
Pajitas, Cubiertos, Vasos, Tazas, Copas	2	1
Envases de comida	2	1
Envases de cosmético		
Cuerdas/ Cordeles		
Cintas de embalaje (flejes, bridas...)	2	
Embalaje industrial, lámina de plástico, burbuja...		1
Envases de aceite de motor, pegamento, silicona (incluido aplicador)		
Envases de limpiadores		
Cintas portatalas		
Envases agrícolas (fertilizantes, pesticidas...)		
Bidones grandes (> 25 litros)		
Tuberías	2	
Piezas de plástico 0-2,5 cm		
Piezas de plástico 2,5 cm-50 cm	8	2
Piezas de plástico > 50 cm		
Otros objetos Plásticos identificables (bolis, mecheros)	6	
Papel / Cartón		
Pañuelos, servilletas de papel, manteles		
Brik (leche,zumos...)	2	
Cajas de cartón y fragmentos		
Paquetes de tabaco		
Bolsas de papel		
Periódicos y Revistas		
Trozos de papel y cartón	2	
Otros papel/cartón (especificar en observaciones)		
Madera (trabajada)		
Corchos		
Palos de helados, cubiertos...		
Palés		
Cajas de madera		
Otras piezas de madera < 50 cm		
Otras piezas de madera > 50 cm		
Metal		
Latas de bebida	2	1
Tapas y Tapones, chapas, anillas de latas de bebida		
Papel de aluminio		1
Envases de comida, latas de conservas, bandejas...		
Sprays		
Bidones de aceite		
Botes de pintura		
Otras piezas metálicas < 50 cm	2	
Otras piezas metálicas > 50 cm		
Vidrio		
Botellas y Tarros de vidrio	2	
Piezas de vidrio		
Aparatos eléctricos y baterías		
Baterías, pilas		
Cables		
Bombillas, Fluorescentes		
Aparatos eléctricos (ordenadores, neveras, teléfonos...)		
Residuos Higiénicos		
Preservativos (incluido envoltorios)		
Bastoncillos para los oídos		
Compresas, salvaslips		
Toallitas húmedas	200	100
Tampones (incluidos aplicadores)		
Residuos Médicos		
Envases y Tubos de medicamentos		
Jeringuillas y agujas		
Otros (algodón, vendas...)		
Otros		
Colillas	2	
Chicles		
Restos de comida		
Goma (globos, balones, cintas, válvulas...)		
Neumáticos		
Ropa y Zapatos (cuero)		
Otros textil	6	
Materiales de construcción, entullo	12	6
Otras piezas cerámicas	4	
Heces de animales domésticos		
Otros (especificar en observaciones)		