



Títol del treball:

**ANÀLISI DE LA CONTAMINACIÓ PER RESIDUS PLÀSTICS DEL
SISTEMA FLUVIAL DEL RIU BRUGENT A LES PLANES
D'HOSTOLES**

Estudiant: Jeroni Barbeta Palau

Correu electrònic: u1961057@campus.udg.edu

Grau en Biologia

Tutor: Ramon Moreno Amich

Correu electrònic: ramon.moreno@udg.edu

Cotutora: Helena Guasch Padró

Correu electrònic: helena.guasch@ceab.csic.es

Empresa/Institució: Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB)

Data de dipòsit de la memòria a través de la plataforma de TFG: 4 de Juliol de 2023

AGRAÏMENTS

Estic profundament agraït pel suport, atenció i dedicació de la meva tutora del CEAB, l'Helena Guasch, ja que sense la seva orientació i suport constant, aquest treball no hauria estat possible. La seva experiència i coneixement en el camp i laboratori han estat inestimables per el seguiment d'un mètode científic precís i rigorós i per al meu creixement professional.

No puc deixar de reconèixer l'ajuda de la Delfina Cornejo i la Berta Bonet, juntament amb l'Helena Guasch en el desenvolupament del taller de conscienciació ciutadana. Ha estat un plaer treballar amb elles dins del marc del projecte Plasty0pyr Switch, on la seva passió per la causa, col·laboració activa i el seu compromís amb la conscienciació mediambiental van ser de gran inspiració.

Vull expressar el meu agraïment especial a en Dario Zicavo, qui em va ajudar en la classificació de mostres. La seva dedicació i ajuda incondicional han estat com la meva mà dreta en tot el procés de processament de les mostres. Sense la seva col·laboració i suport, l'anàlisi de les mostres hauria estat més complicada. La seva habilitat i coneixement tècnic han estat de gran valor per aconseguir resultats precisos i significatius, a més d'haver gaudit juntament del procés d'anàlisi. També expresso el meu agraïment més sincer a en Joan Blavia per la seva dedicació i suport en l'anàlisi de les dades.

I finalment, també agrair de tot cor el suport dels meus pares, Pilar i Gabi, i amics, Agnès, Marc, Miquel i Lluís, que han estat essencials per a la recopilació d'informació en el camp. La seva ajuda en el mostreig al riu i la seva participació entusiasta, m'han donat l'empenta necessària per superar els reptes i mantenir la motivació durant tot el procés de recerca.

ÍNDIX

RESUM.....	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
1. INTRODUCCIÓ.....	1
1.1 LA CONTAMINACIÓ PER PLÀSTICS.....	1
1.2 POTENCIALS FONTS DE PLÀSTICS AL RIU BRUGENT.....	2
2. OBJECTIUS.....	4
3. MATERIALS I MÈTODES.....	4
3.1 ÀREA D'ESTUDI.....	4
3.1.1 Disseny de la presa de mostres.....	9
3.2 PRESA DE MOSTRES.....	10
3.2.1 Caracterització del riu.....	10
3.2.2 Mostreig de MacP.....	11
3.2.3 Mostreig de MesP.....	12
3.3 Processament de mostres al laboratori.....	13
3.3.1 Processament de MacP.....	13
3.3.2 Processament de MesP.....	13
4. RESULTATS I DISCUSSIÓ.....	13
4.1 DADES DESCRIPTIVES.....	13
4.1.1 ESTAT DEL BOSC DE RIBERA (índex QBR).....	13
4.1.1 TIPUS D'ACTIVITAT.....	14
4.2 MacP.....	15
4.2.1 MacP Ítems/m ²	15
4.2.2 MacP g/m ²	16
4.2.3 Cobertura de MacP (en %).....	17
4.3 MesP.....	17
4.3.1 MesP Ítems/m ² i MesP g/m ²	17
4.5 Marine Debris Tracker (MDT).....	18

4.6 FTIR 22

5. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS 23

REFLEXIONS SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE..... 26

REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA..... 26

REFLEXIÓ SOBRE SOSTENIBILITAT 26

REFLEXIÓ SOBRE PERSPECTIVA DE GÈNERE..... 26

6. BIBLIOGRAFIA 27

RESUM

La contaminació per residus plàstics ha esdevingut un problema mediambiental d'elevada preocupació. Els residus antropogènics que s'acumulen als sistemes fluvials provoquen una modificació en els ecosistemes aquàtics. Els macroplàstics amb el temps es fragmenten a mesoplàstics i seguidament a microplàstics, de forma que com més petits més fàcilment entren dins la cadena tròfica dels organismes vius. Degut a la manca de coneixement sobre la presència de residus antropogènics als sistemes fluvials de muntanya, l'objectiu general d'aquest estudi va ser avaluar l'estat del riu Brugent que travessa el municipi de les Planes d'Hostoles en relació amb la contaminació per residus plàstics i determinar-ne el possible origen. Per a realitzar el tractament de dades es van realitzar matrius de correlacions i una PCA. Els anàlisis ens han demostrat que els macroplàstics al riu Brugent de les Planes d'Hostoles es troben en abundàncies altes als trams BRU4 i BRU6 de la zona d'estudi. Respecte els mesoplàstics trobem major quantitat a BRU1. En quant a la tipologia dels residus predominen les tovalloletes desinfectants, fragments de tela i cordes. Els abocadors, les restes d'activitat industrial i la depuradora són les fonts més importants de contaminació per plàstics a més de l'activitat urbana, les activitats agrícoles i les activitats turístiques. La composició amb més predominança dels residus plàstics va ser el niló present en les peces de roba, seguit del polietilè present a les peces de plàstic. Aquí recau la importància que tenim de canviar els nostres hàbits i implementar mesures per evitar la contaminació de residus plàstics als ecosistemes fluvials de muntanya.

Paraules clau: Macroplàstics, mesoplàstics, residus plàstics, contaminació i ecosistemes aquàtics.

RESUMEN

La contaminación por residuos plásticos se ha convertido en un problema medioambiental de elevada preocupación. Los residuos antropogénicos que se acumulan en los sistemas fluviales provocan una modificación en los ecosistemas acuáticos. Los macroplásticos con el tiempo se fragmentan en mesoplásticos y seguidamente en microplásticos, de forma que cuanto más pequeños más fácilmente entran en la cadena trófica de los organismos vivos. Debido a la falta de conocimiento sobre la presencia de residuos antropogénicos en los sistemas fluviales de montaña, el objetivo general de este estudio fue evaluar el estado del río Brugent que atraviesa el municipio de Les Planes d'Hostoles en relación con la contaminación por residuos plásticos y determinar su posible origen. Para realizar el tratamiento de datos se realizaron matrices de correlaciones y una PCA. Los análisis nos han demostrado que los macroplásticos en el río Brugent de les Planes d'Hostoles se encuentran en abundancias altas en los tramos BRU4 y BRU6 de la zona de estudio. Respecto a los mesoplásticos encontramos mayor cantidad en BRU1. En cuanto a la tipología de los residuos predominan las toallitas desinfectantes, fragmentos de tela y cuerdas. Los vertederos, los restos de actividad industrial y la depuradora son las fuentes más importantes de contaminación por plásticos, además de la actividad urbana, las actividades agrícolas y las actividades turísticas. La composición con mayor predominancia de los residuos plásticos fue el nylon presente en las prendas, seguido del polietileno presente en las prendas de plástico. Aquí recae la importancia que tenemos de cambiar nuestros hábitos e implementar medidas para evitar la contaminación de residuos plásticos en los ecosistemas fluviales de montaña.

Palabras clave: Macroplásticos, mesoplásticos, residuos plásticos, contaminación y ecosistemas acuáticos.

ABSTRACT

Pollution by plastic waste has become an environmental problem of great concern. Anthropogenic waste that accumulates in river systems causes a change in aquatic ecosystems. Over time, macroplastics are fragmented into mesoplastics and then into microplastics, so that the smaller they are, the more easily they enter the food chain of living organisms. Due to the lack of knowledge about the presence of anthropogenic waste in mountain river systems, the general objective of this study was to evaluate the state of the Brugent river that crosses the municipality of Les Planes d'Hostoles in relation to pollution for plastic waste and determine its possible origin. To carry out the data processing, correlation matrices and a PCA were carried out. The analyzes have shown us that macroplastics in the Brugent river of the Plaines d'Hostoles are found in high abundances in the BRU4 and BRU6 sections of the study area. With respect to mesoplastics, we find a greater amount in BRU1. As for the type of waste, disinfecting wipes, fragments of fabric and ropes predominate. Landfills, the remains of industrial activity and the treatment plant are the most important sources of plastic pollution in addition to urban activity, agricultural activities and tourist activities. The composition with the most predominance of plastic waste was nylon present in clothing items, followed by polyethylene present in plastic items. Here lies the importance we have to change our habits and implement measures to avoid the pollution of plastic waste in mountain river ecosystems.

Keywords: Macroplastics, mesoplastics, plastic waste, pollution and aquatic ecosystems.

1. INTRODUCCIÓ

1.1 LA CONTAMINACIÓ PER PLÀSTICS

La contaminació per plàstics és una problemàtica mediambiental estesa a escala planetària, que afecta a tots els hàbitats naturals a través de la gran xarxa de rius, sols, llacs, mars i oceans. S'ha convertit en una problemàtica que augmenta d'escala (Williams & Simmons, 1999) i requereix d'especial atenció (Li et al., 2018). Les dades de contaminació per plàstic d'entorns d'aigua dolça encara estan en la seva fase més primària, és per això que hi ha una necessitat d'augmentar-ne les bases de dades (Blettler et al., 2018).

El plàstic és un material sintètic fet d'hidrocarburs que es pot modelar en objectes sòlids de gairebé totes les formes i mides. Els plàstics, inclosos el polietilè (PE) i el polipropilè (PP), es sintetitzen a partir d'olefines, mentre que altres plàstics es sintetitzen a partir d'hidrocarburs aromàtics, com el poliestirè (PS) i la poliamida (PA) (niló). L'ús dels plàstics es troba en múltiples finalitats, com ara l'emalatge, el transport, la indústria i l'agricultura (van Emmerik & Schwarz, 2020). El 2021 la producció mundial de plàstics va augmentar un 4%, fins a superar les 390 milions de tonelades, el que demostra la forta i contínua demanda de plàstics. Per aconseguir la transició cap a 0 emissions netes el 2050 es necessari un canvi sistemàtic més ràpid i una col·laboració més intensa i eficaç entre totes les parts del sistema europeu de plàstic, la necessitat de treballar amb els membres i responsables polítics (*PlasticsEurope_2021*).

Els residus plàstics es poden classificar en quatre classes de mida (van Emmerik & Schwarz, 2020);

- Macroplàstic (MacP): > 5 cm
- Mesoplàstic (MesP): 0,5 cm - ≤5 cm
- Microplàstic (MicP): 0,1 µm - ≤5 mm
- Nanoplàstics: 1 nm - ≤0,1µm

A més de la mida, els plàstics també es poden classificar segons la seva composició química, forma, color i fins i tot densitat (Shim et al., 2017; Lusher et al., 2020). Aquestes característiques són importants per determinar quina és la font d'emissió d'aquests contaminants, especialment en el cas dels residus fragmentats.

Hi ha múltiples mecanismes que influeixen en el transport, la sedimentació, la degradació i la permanència dels macroplàstics en ambients d'aigua dolça. Aquests inclouen el tipus de polímer, la formació de biofilm, la mida, la forma (influència en la densitat), així com les característiques hidrològiques del riu (Chen et al., 2019; Schwarz et al., 2019). Hi ha un vincle clar entre el tipus de

producte i moltes d'aquestes propietats, ja que el tipus de polímer, la mida, la forma i la densitat proporcionen propietats específiques que poden influir en el seu destí (Ryberg et al., 2019). La seva presència fins i tot als ambients d'aigua dolça més remots és una prova de la seva permanència (Imhof et al., 2013; Free et al., 2014).

1.2 POTENCIALS FONTS DE PLÀSTICS AL RIU BRUGENT

El Brugent té la figura de Zona Especial de Conservació (ZEC) dins de la Xarxa Natura 2000 (ZEC_ES5120029) i forma part des de l'any 1985 de la xarxa d'Espais Naturals Protegits de Catalunya, per la diversitat d'hàbitats i d'espècies aquàtiques. És d'especial interès estudiar-ne la contaminació per plàstics, ja que aquests estudis permeten identificar la pressió que el tipus d'activitat; usos del sòl i gestió dels residus tenen sobre l'ecosistema.

La industrialització va arribar a les Planes d'Hostoles durant el S.XX. Es va iniciar amb les petites indústries de fabricació de mobles, portes, esclops o carros i tartanes entre altres productes. Els cursos fluvials van permetre sorgir indústries com la Farga, fàbrica d'aram, o indústries papereres com el molí Descals, també les pedreres i empreses dedicades a la producció de llambordes, mosaics entre altres. Però l'expansió industrial més important va ser l'arribada del tèxtil amb la fàbrica Dusol, dedicada a la fabricació de filats de cotó. Una altra empresa fou la Paulí, dedicada a gèneres de punt, rodes i sedalines per a cosir, dedicada bàsicament a la filatura de deixalles de llana, fins a la incorporació de la filatura de cotó. Una característica important d'aquestes fàbriques, com en altres poblacions gironines, va ser la creació de les colònies (Paulí, Dusol i Magem). La Magem va dedicar-se a la fabricació de roba per a vestits de senyors, i per a abrics militars, també es van dedicar a fer mantes. Als anys 70, l'arribada de la crisi al sector, va caure sobre les Planes. Al cap de poc la Magem va tancar. No va ser fins l'any 2012 que l'empresa últimament coneguda com Filatures Dusol (Hilados Dusol, S.A.) també va tancar definitivament. En tot aquest període industrial també hi figuren altres empreses de diferent mida pertanyents a altres sectors industrials, com sabó, tints, torneries, decoració, mobiliari d'oficina o fins i tot de begudes. Un sector molt important, ha estat sempre una indústria de gran tradició a la Garrotxa com la relacionada amb els productes de la carn, com la Pirene. (*Les Planes d'Hostoles*).

A la zona estudiada hi trobem antics abocadors urbans, a on els ciutadans abocaven els seus residus en zones pròximes al riu. Segons informació proporcionada per la gent gran del poble antigament era molt comú llençar els rotllos de tela que no es feien servir, al riu. Per altra banda, és ben conegut que algunes zones del riu encara s'utilitzen com a petits abocador de runes del sector constructiu.

Cal, també, tenir en compte l'impacte potencial de l'ús intensiu de la terra i altes activitats actuals, ja que les Planes ha estat una zona molt explotada en el sector agrícola, i actualment hi ha una alta activitat antròpica durant tot l'any. L'agricultura es localitza a les zones més planeres,

dedicada, fonamentalment, al cultiu de farratges i cereals. Farratgers per l'especialització bovina i en les proximitats de molts nuclis urbans, en les terrasses al·luvials es troben els horts familiars. Aquestes activitats també poden comportar el lixiviat de nutrients, que al trobar-se en excés poden ocasionar l'eutrofització del riu (*POUM_LPH*). És per això que esperem trobar residus originats a partir d'utensilis de plàstic utilitzats en l'agricultura i la ramaderia.

Les activitats que predominen al municipi, a més de les esmentades, són; les activitats agropecuàries (agrícola, apícola, pecuària o ramadera), activitats comercials (alimentació, automoció i carburants, equipaments per a la llar o per a la persona, lleure i cultura), activitats industrials (alimentació, fusteria i producció i transformació de metalls), serveis (estètica, emmagatzematge, restauració, turisme, esportius, financers, sanitaris i tallers de reparació de vehicles) (*POUM_LPH*).

Un dels altes impactes que cal remarcar també, és l'alta presència de visitants al riu, tant del propi municipi com de l'alta freqüència del turisme en els últims anys. Es tracta d'un riu en el que els darrers 4-5 anys ha estat augmentant de forma considerable el turisme a les gorgues del riu. Per això, l'Ajuntament de les Planes d'Hostoles i l'Ajuntament de Sant Feliu de Pallerols, juntament amb la Fundació Emys, estan treballant en un model sostenible a nivell ambiental, social i econòmic que permeti la conservació d'aquest espai d'alt valor natural (*Espai protegit del Brugent*).

En aquest context, aquest treball final de grau té com a objectiu avaluar el nivell de contaminació per plàstics al riu Brugent a les Planes d'Hostoles, examinar quines són les fonts de contaminació i identificar la tipologia de residus que ens servirà per deduir l'abast de la problemàtica. Mitjançant una metodologia basada en la recopilació de dades de camp i anàlisis químics es pretén avaluar aquesta situació.

Per tal d'ensenyar públicament com es va dur a terme l'estudi i conscienciar la ciutadania sobre la problemàtica, el dissabte 24 de març es a fer un taller de ciència ciutadana realitzat en el marc del treball final de grau i del projecte PlastycoPyr Switch. Aquest treball proposa un seguit de mesures i estratègies de millora per reduir i prevenir la contaminació per plàstics al riu Brugent per tal de generar més consciència i una acció local ciutadana («PLASTICOPYR Switch»).

Així doncs, aquest estudi pretén oferir una base de dades i recomanacions concretes per a les autoritats locals, les organitzacions mediambientals i altres sectors implicats, amb l'esperança de contribuir a la preservació i restauració d'aquest important recurs hídric. D'aquesta forma generar conscienciació i educació ambiental per tal d'adoptar mesures efectives que minimitzin l'impacte dels plàstics al riu Brugent, alhora que promouen un ús responsable i sostenible dels recursos hídrics en el futur.

Aquesta treball s'ha dut a terme seguint el protocol del projecte PLASTICØPYR: Estratègies per a la reducció de la contaminació per plàstics als ecosistemes de muntanya (programa EU POCTEFA; Ref: EFA340/19). L'objectiu general del qual és avaluar la influència de les activitats turístiques en la contaminació per plàstics dels rierols de les zones de muntanya i desenvolupar estratègies per mitigar aquest problema mediambiental de manera sostenible, permetent que el turisme coexisteixi amb la conservació d'aquests ecosistemes.

2. OBJECTIUS

The main objective of this final degree thesis has been to deepen and acquire new scientific knowledge about the plastic pollution in the Brugent River freshwater ecosystem, for which there is a lack of knowledge referring to this field of research. Two main specific objectives have been carried out:

1. Assessment of the state of the river in terms of the presence of plastic waste. Based on the quantification of plastic waste, the identification of the most frequent type of plastic and its spatial distribution along the river. Obtaining a broader perspective of plastic waste pollution in the Brugent River comparing the results with previous studies carried out in other freshwater rivers with the same sampling protocol.
2. Identify the sources of plastic pollution in the Brugent River based on the macroplastic classification and the analysis of the chemical composition. Evaluate the magnitude and sources of plastic pollution as the basis for the identification of mitigation measures and management of plastic waste in the river.

Expectation: Due to the rapid increase in tourism that has occurred in the recent years in the bathing areas of the Brugent River, which is part of a protected natural environment. It is expected to find large amount of litter from visitors' garbage in the environment, retained by the fluvial environment and therefore find single-use plastics in the areas most frequented by tourism.

3. MATERIALS I MÈTODES

3.1 ÀREA D'ESTUDI

Aquest estudi es va dur a terme al riu Brugent. Neix a la vessant Est de la Serra del Corb i transcorre pels municipis de sant Feliu de Pallerols, les Planes d'Hostoles i Amer. A l'altura de la presa del Pasteral s'uneix al riu Ter, convertint-se en el primer a desembocar i a ser un dels seus principals afluents en aportació hídrica. Travessa les comarques de la Garrotxa i la Selva situades

al Nord-est de Catalunya, a la regió Nord-est de la Península Ibèrica. L'àrea d'estudi cobreix 2160 m², distribuïts en 6 zones al llarg del seu recorregut per les Planes d'Hostoles (lat 42°4'19.67" N, long 2°32'53.66" E; 370 m snm) (Fig. 1). Durant el període d'estudi, es van mesurar valors de conductivitat propera als 1000 µS/cm; temperatures relativament baixes, aigua ben oxigenada i pH alcalí (Taula1)

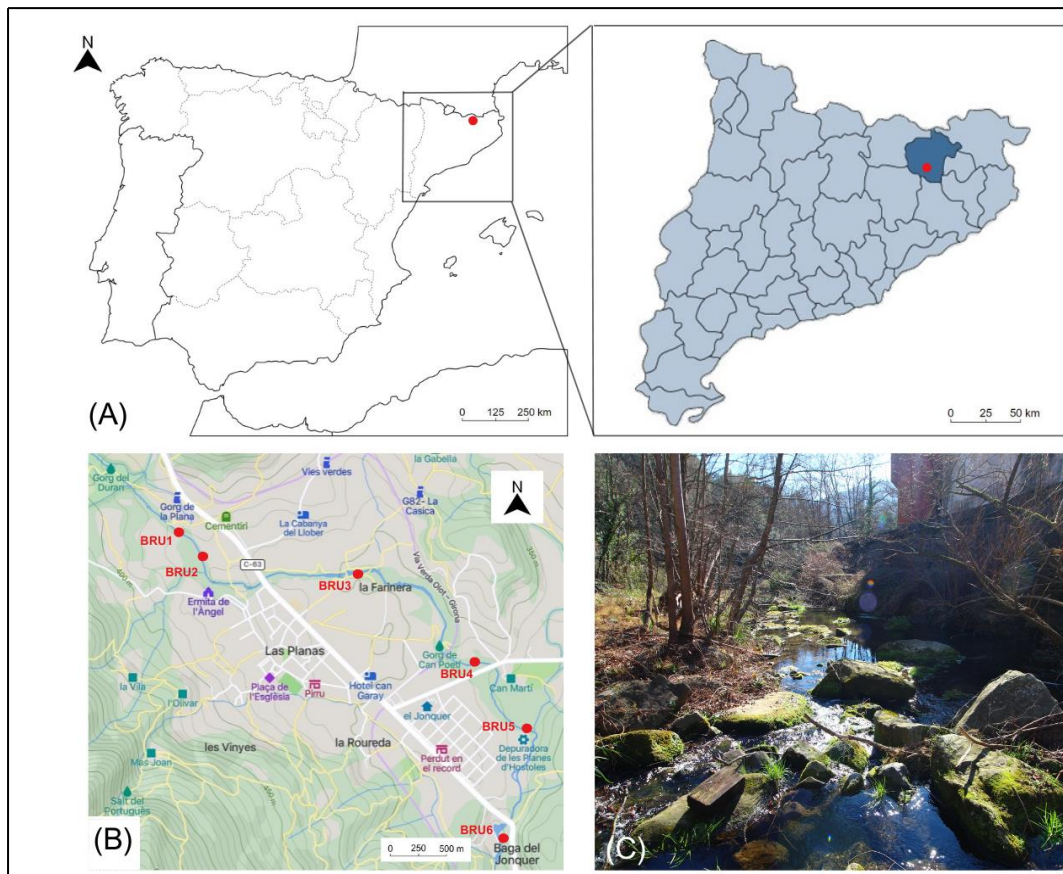


Figura 1. Localització del riu Brugent (punt vermell) dins de la Península Ibèrica (A) i les 6 zones d'estudi dins del municipi de les Planes d'Hostoles (B). Imatge de la zona d'estudi (C). Font: elaboració pròpia.

Taula 1. Característiques físiques i químiques del període de mostreig del riu Brugent (mitjana ± DS de les zones estudiades durant els mostrejos de Desembre 2022 a Juny 2023) i cabal (Q) del riu. Les variables són; conductivitat elèctrica (CE), temperatura (T), oxígen dissolt (mg/L), percentatge d'oxigen dissolt (%), pH i cabal (Q).

CE (µS/cm)	1023 ± 150
T (°C)	8,1 ± 3,5
O₂ (mg/L)	12,1 ± 1,6
O₂ (%)	98,5 ± 15
pH	8,42 ± 0,2
Q (m³/s)	0,11 ± 0,04

Les dades històriques de l'ACA (Agència Catalana de l'Aigua), indiquen que el riu està lleugerament eutrofitzat (Fig. 2). Superant en els líndars tant pel fòsfor (>75 µg/L): com pel nitrògen (>1,5 mg/L), els dos superen aquests valors des de les dades de 2007 com es mostra a la Fig. 2. El creixement de cianobacteris observat en l'entorn aquàtic del Brugent durant el període d'estudi, s'explicaria per les altes concentracions de nutrients. Aquests microorganismes, aprofiten el fòsfor com a font d'energia i nutrients per al seu metabolisme.

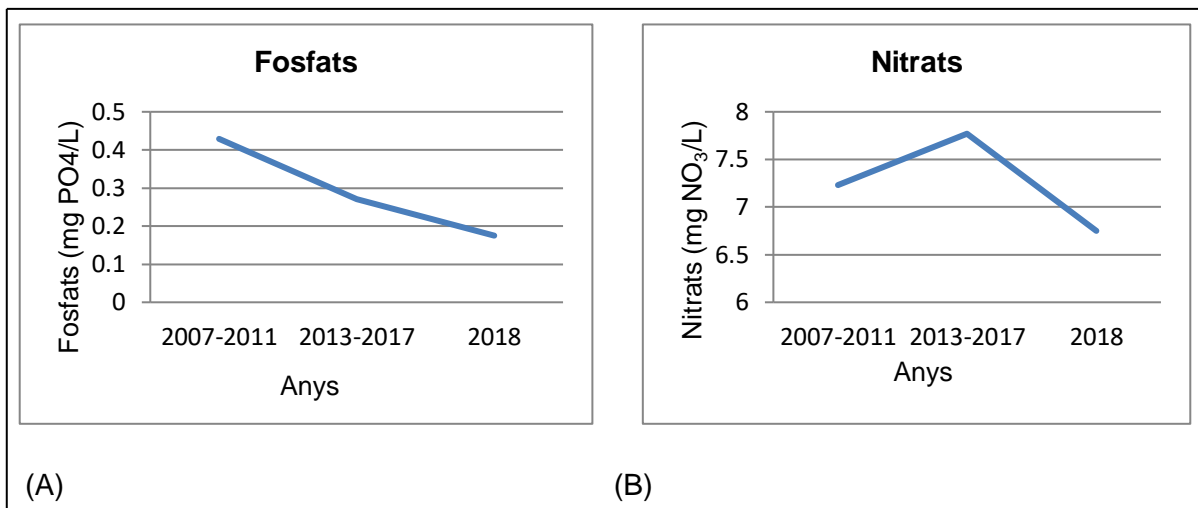


Figura 2. Concentració de fosfats (mg PO₄/L)(A) i nitrats (mg NO₃/L)(B) segons l'ACA al riu Brugent dels anys 2007 al 2018.

L'índex IPS al riu Brugent indica que la qualitat del tipus fluvial segons els nivells de diatomees és bo (Fig. 3).

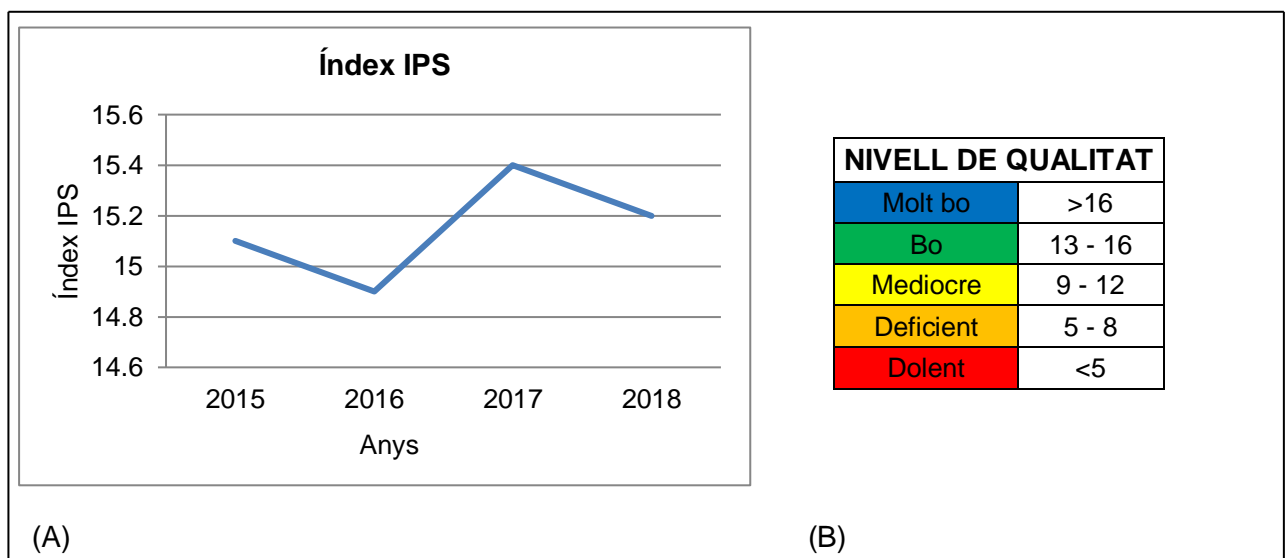


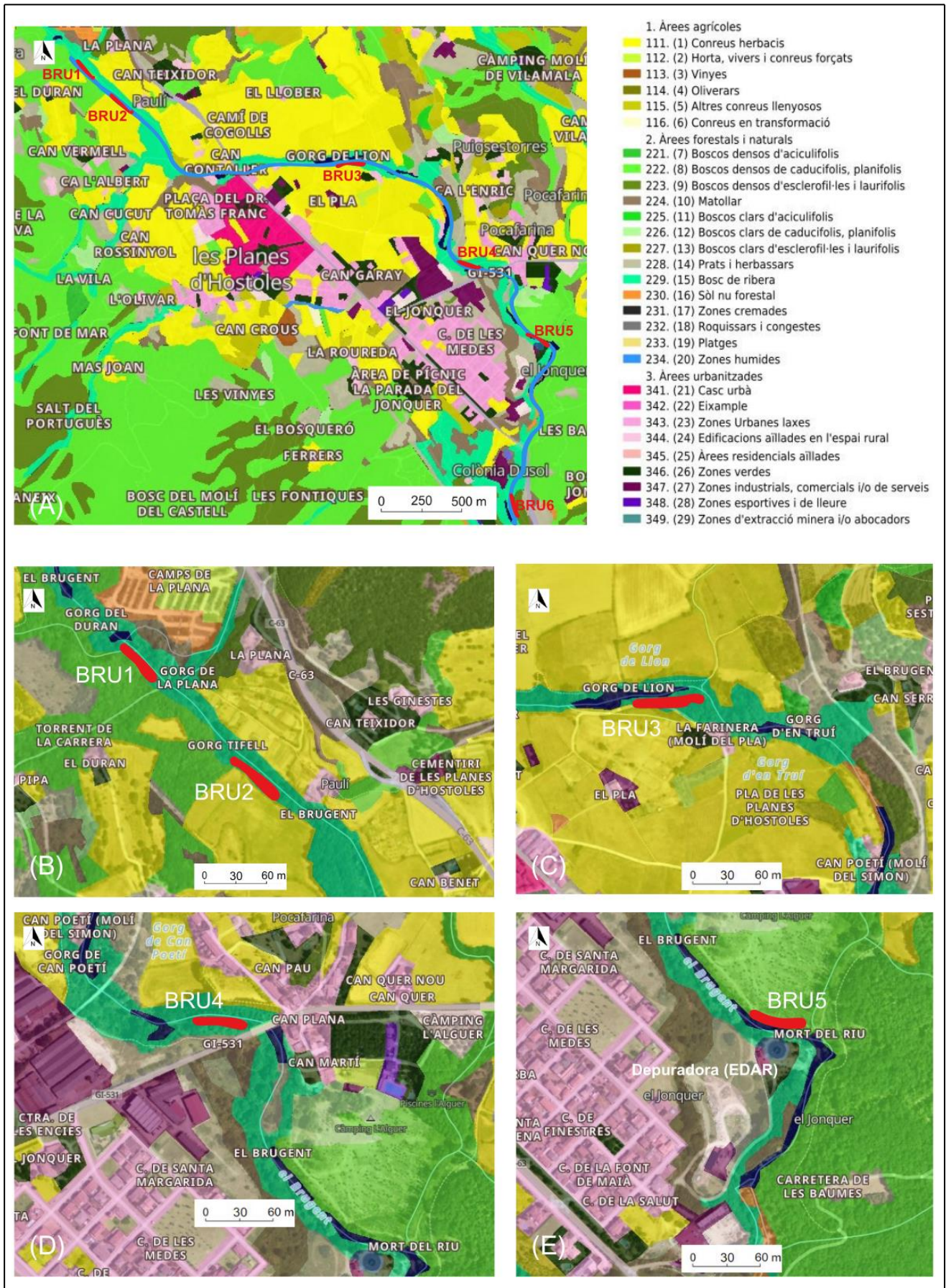
Figura 3. Índex IPS al riu Brugent dels anys 2015 al 2018 (A). Nivell de qualitat dels ambients aquàtics segons l'índex IPS (rang de <5 fins a >16)(B). ACA.

L'índex biològic per rius basat en la fauna ictiològica (IBICAT) és de 10,02 i 9,91 des de l'any 2007 fins al 2016 respectivament, aquests valors estan dins del nivell de qualitat entre 10,58 i 9,30 pel que el nivell de qualitat és bo (*IBICAT2_Informe2010*).

El sòl volcànic d'aquesta zona ha permès la formació de gorgs al llarg del curs del Brugent, majoritàriament des de Sant Feliu de Pallerols fins al final del poble de les Planes d'Hostoles (Fig. 4). Alguns dels més destacats són; el gorg d'en Valls, el gorg de la Mola, el gorg Negre, gorg de la Plana, gorg de la Pedrera d'en Biel i el gorg de Santa Margarida. Es tracta d'una zona volcànica amb el riu dirigit per les colades de basalt.

El riu Brugent es troba majoritàriament envoltat per àrees agrícoles, en les que trobem conreus herbacis i horts, vivers i conreus forçats. També d'una àrea urbanitzada i zones forestals naturals (Fig. 4).





(Veure peu de pàgina Figura 4 a p. 9)

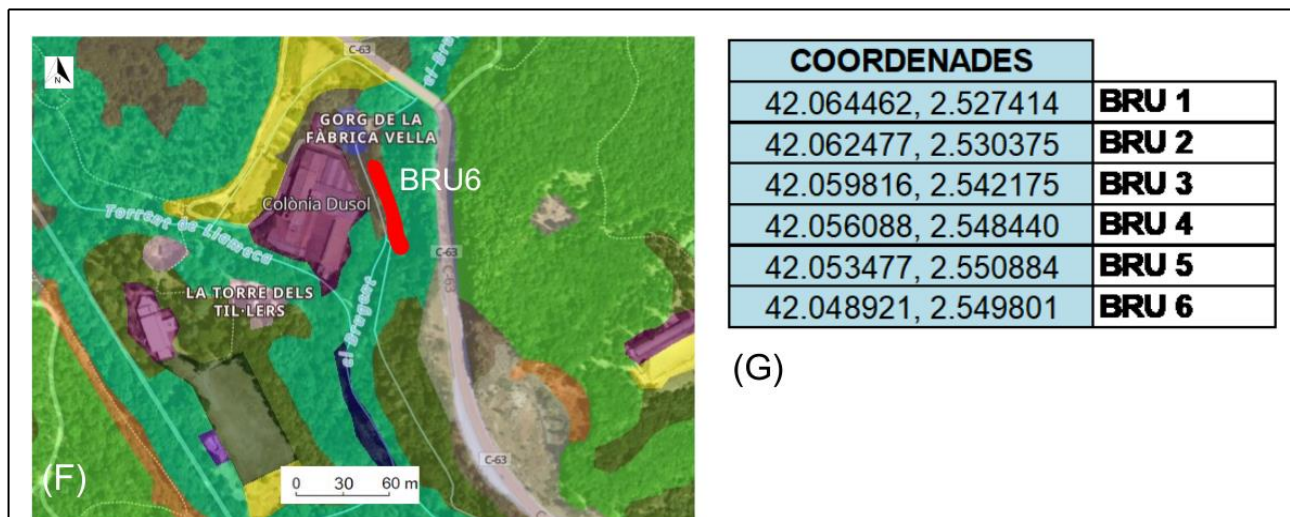


Figura 4. Mapa dels usos del sòl a la conca de drenatge del riu Brugent al voltant del nucli urbà de les Planes d'Hostoles amb la respectiva simbologia de les àrees en colors (A). Mapes de les 6 zones de mostreig amb els usos del sòl (B-F). Coordenades per a cada tram (G). Veure la simbologia de colors de la Fig.4A. Font: ICGC - Usos del sòl. Imatges 1) i 2) del mostreig a BRU6.

3.1.1 Disseny de la presa de mostres

Es van escollir 6 zones representatives i de bon accés per a fer els mostrejos basades en l'activitat humana de cada zona. Per poder veure l'efecte del turisme a les gorgues, es van escollir en el territori zones que diferien en la freqüentació turística. També es van seleccionar altres zones sense gorgues per veure l'influència d'altres activitats que hi ha, com per exemple la presència de la depuradora, abocadors o una antiga indústria. Es van anomenar de la següent manera; BRU1, BRU2, BRU3, BRU4, BRU5 i BRU6, a continuació es descriuen. Les mostres es van obtenir entre Gener i Juny de 2023. És l'època en que no hi ha presència de turisme a les gorgues, pel que esperem trobar els residus de l'activitat turística de l'estiu anterior.

El primer tram, BRU1, es troba entre dos gorgs, el gorg del Duran i el gorg de la Plana, hi predomina l'activitat turística amb molta presència de visitants diària durant l'estiu. En aquesta zona es regula l'accés per part de la fundació EMYS. Les característiques del lloc es conformen per les colades de basalt que marquen el relleu del riu i els gorgs. El tram es troba allunyat de la carretera, però pròxim a camins i per sota de camps de conreu i horts. El mostreig de la zona es va dur a terme el 12/01/23 (Fig. 4B).

A continuació el següent tram és el BRU2 situat per sota del gorg de Tifell, que es troba després del gorg de la Plana, i just abans de l'antiga indústria la Paulí. Aquesta zona esperem veure reflexada l'activitat turística dels gorgs anteriors (Duran i Plana), ja que en aquest tram no hi ha activitat turística, només activitat local i dels pagesos. També es troba situada per sota d'una zona d'horts, conreus i al costat de camps de ramaderia de vaques, on es poden observar residus de l'activitat agrícola (carros vells de ferro, tuberíes, etc.). Es tracta d'un ambient naturalitzat, amb un

relleu de colades de basalt i una vegetació de ribera ben desenvolupada. El mostreig del tram es va dur a terme el 27/01/23. (Fig. 4B).

Entre BRU2 i BRU3 s'hi uneix el torrent de la Vila. El BRU3 està per sota del gorg de Lion, zona amb activitat recreacional local amb menys freqüentació que les anteriors. Rodejada per camps de conreu i pastura per cavalls, al costat hi ha un camí de terra urbà de passeig i d'accés al riu. El mostreig del tram es va dur a terme el 15/02/23 (Fig. 4C).

El tram BRU4 està situat per sota del gorg de Can Poeti, al costat d'un antic abocador local, al costat del barri de la Pocafarina. Es troba a l'altura de la meitat del poble. Aquest tram esperem que ens permeti veure l'efecte de l'activitat recreacional turística que hi ha per sota el gorg de Can Poeti el qual també és regulat per EMYS. És una zona rodejada per bosc de ribera, i tot i no haver activitat recreacional, hi desemboquen aigües residuals del barri i al costat hi ha un descampat on s'hi aboquen materials de construcció i s'aparca maquinària d'obres, a més d'estar a prop de la carretera. Es va mostrejar el 25/03/23 en el context d'un taller participatiu en col·laboració amb la plataforma de ciència ciutadana Plastic0pyr Switch i l'Ajuntament de Les Planes d'Hostoles (Fig. 4D).

BRU5 es troba en una zona amb activitat urbana, on no hi ha presència de turisme sinó de visitants locals. A la mateixa zona hi havia hagut un abocador local. El bosc de ribera és molt pobre, ja que es troba al costat d'un camí de terra que connecta amb camps densos de caducifolis utilitzats per l'obtenció de primeres matèries. El mostreig es va fer el 13/01/23. (Fig. 4E).

Entre BRU5 i BRU6 s'hi uneix l'afluent de la riera de Cogolls i hi ha la planta de tractament d'aigües residuals (depuradora EDAR). BRU6 es troba després de la gorga de la Fàbrica Vella, al costat de l'antiga colònia tèxtil la Dussol. És una zona on havia hagut activitat industrial fins l'any 2012. Actualment hi ha activitat recreacional local per visita i bany al gorg. El mostreig es va fer el 02/02/23. (Fig. 4F).

Les respectives coordenades de cada tram (Fig. 4G).

3.2 PRESA DE MOSTRES

3.2.1 Caracterització del riu

3.2.1.1 Índex de la qualitat del bosc de ribera (QBR)

Per determinar la qualitat mediambiental de la zona de ribera es va aplicar l'Índex de Qualitat del Bosc de Ribera (índex QBR, desenvolupat per la Universitat de Barcelona) valora l'estat dels hàbitats riparians a partir d'aspectes biològics i geomorfològics del llit fluvial i de la zona d'inundació, i també es valora l'impacte humà a la zona d'estudi. Proporciona una puntuació o

valor numèric que indica el grau de qualitat del bosc de ribera. Aquesta puntuació varia en una escala de 0 a 100, on valors més alts indiquen una major qualitat mediambiental. A través de l'ús de l'índex QBR, es pot avaluar l'estat de conservació dels boscos de ribera.

3.2.1.2 Cabal (Q)

Per tal de determinar el cabal del riu, es va fer la secció del riu mesurant l'amplada i fondària (amb l'ús d'una cinta mètrica) cada 20 cm i anotant la velocitat de l'aigua amb l'ús d'un currentímetre DOST_37020. Posteriorment es va utilitzar la següent fórmula per a fer el càlcul del cabal:

$$\text{Cabal (Q)} = \text{Secció (m}^2\text{)} \times \text{Velocitat (m/s)} = \text{m}^3/\text{s} \quad (\text{Eq. 1})$$

3.2.1.3 Conductivitat, pH, T^a i O₂.

Es van realitzar 3 mesures cada hora a cada una de les 6 zones estudiades de; pH, temperatura de l'aigua, conductivitat i oxigen dissol amb l'equip de camp WTW portable pH meter MultiLine Multi3630 IDS.

3.2.2 Mostreig de MacP

3.2.2.1 MacP Ripària

Per tal de mostrejar els macroplàstics (>5 cm) de la zona de ribera es va determinar una parcel·la de 60 m de llargada per 6 m d'amplada amb etiquetes cada 10 m de cinta blanca, prenent com a referència el marge i el curs del canal fluvial en un dels dos costats del riu (dret o esquerra) (Fig. 5).

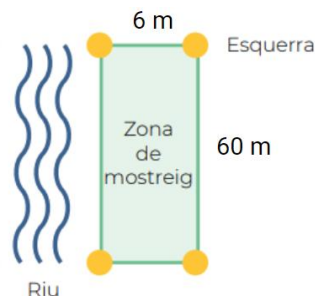


Figura 5. Determinació de la zona de mostreig (6x60 m) a un dels costats del riu.

En bosses de plàstic etiquetades prèviament s'hi van posar tots els residus antropogènics trobats; tant els residus plàstics (MacP Ripària) com els no plàstics, és a dir, altres residus: vidres, ceràmica, metalls, etc. (No MacP Ripària) amb l'ajuda d'unes pinces llargues, guants i botes. Es va recórrer de manera sistemàtica tota la parcel·la en forma de ziga-zaga, anotant els articles recollits al full de camp de MacP (procurant d'arribar a n=100). Si hi havia alguna zona que no es podia accedir, es restava de l'àrea mostrejada. Es va seguir el protocol de (Margenat et al.).

3.2.2.2 MacP Riu

A més del protocol seguit, es va incloure el mostreig a dins del riu. El mostreig a dins del riu es va fer en ziga-zaga començant per la part baixa, per no remoure l'aigua i impedir la visibilitat. Es van

utilitzar botes d'aigua altes, pinces llargues i bosses de plàstic per recollir els ítems penjants (MacP Penjant); retinguts a branques o estructures per sobre la columna d'aigua, els bentònics (MacP Bentònic); a la columna d'aigua i els flotants (MacP Flotant); surant per sobre l'aigua.

Alguns dels ítems eren molt voluminosos pel que no es van poder agafar, se'ls va fer una foto i prendre una submostra per tal de mesurar al laboratori. El total de l'àrea (cm²) es va estimar a partir d'una imatge mitjançant ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>).

3.2.3 Mostreig de MesP

Per mostrejar els mesoplàstics (0,5 cm - <5 cm), es va etiquetar amb cinta blanca cada 10 metres, des del metre 0 fins al 60. I a cada 30 m de llargada es va fer un transecte perpendicular on es va posar una etiqueta als 3 m i 6 m d'amplada. Es va fer el mostreig en un dels costats del riu (dret o esquerra). A cada punt de mostreig etiquetat es va delimitar, amb l'ajuda d'una regla, un quadrat de 40 x 40 cm (Fig. 6).

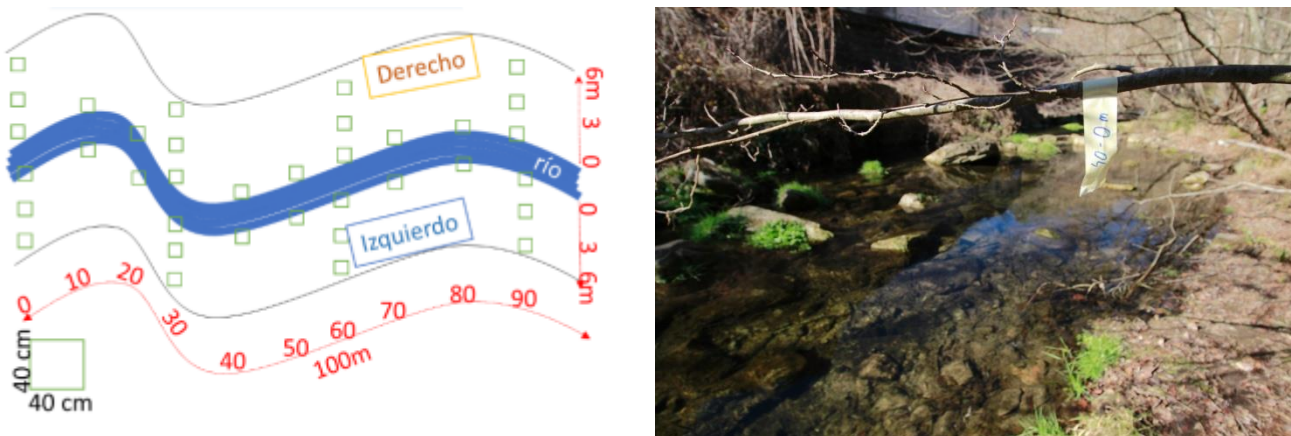


Figura 6. Zona de mostreig dels MesP, selecció d'un dels dos costats (esquerra o dret). Imatge; etiquetatge.

Amb ajuda d'unes pinces i guants es van recollir els fragments de plàstic menors a 5 cm i majors de 5 mm que es trobaven dins l'àrea delimitada de mostreig. Es van guardar els plàstics recollits en 3 mostres, posats en pots de vidre prèviament etiquetats, utilitzant el mateix pot per guardar tots els fragments de plàstics recollits a la mateixa localitat respecte el marge del riu (0, 3 o 6 m). El punt de mostreig de la riba havia d'incloure part del canal fluvial i part de la zona terrestre (meitat ribera i meitat dins del riu). Es van anotar els residus recollits al full de camp de MesP. En total per cada zona de mostreig es van fer 13 punts de mostreig de 1600 cm² (un total de 20.800 cm² mostrejats a cada zona).

3.3 Processament de mostres al laboratori

3.3.1 Processament de MacP

Un cop al laboratori es va netejar (amb aigua i/o respall) i deixar assecar a l'intempèrie per tal d'extreure qualsevol resta orgànica que pogués contenir (sorra, herbes, molsa...), alguns es van netejar a dins el laboratori utilitzant una esponja, raspall i paper de filtre. Posteriorment es va etiquetar cadascun dels articles recollits tant dels MacP Ripària com dels MacP Riu, es va separar en una bossa etiquetada els ítems no plàstics. Es va una foto escalada de cada MacP, es va mesurar el pes amb una balança de precisió (0,001g) i es va prendre l'àrea de cada ítem amb un regle. Es va classificant cada ítem en grups segons la classificació de Marine Debris Tracker de la llista PLASTICØPYR (Margenat et al., 2021) i es van posar en plaques de petri i safates d'alumini. Un cop classificats i mesurats es van seleccionar els 5 - 10 ítems que fossin representatius de cada categoria per tal d'analitzar la composició dels ítems plàstics a partir d'espectroscòpia infraroja per transformada de Fourier (FTIR).

3.3.2 Processament de MesP

El protocol per els MesP ha estat el mateix que el processament de MacP. S'ha procedit a netejar els ítems un a un, pesar i mesurar. També s'han passat pel FTIR per determinar la composició.

Per tal de comprendre millor les dades obtingudes s'ha realitzat una matriu de correlacions que inclou l'abundància dels 10 ítems més freqüents en el riu Brugent entre les diferents variables pels 6 trams estudiats i una altra amb les 5 composicions més abundants. Mitjançant l'anàlisi de correlacions, es busca identificar les relacions estadístiques entre les variables i determinar si hi ha alguna associació significativa entre elles. També s'ha realitzat un anàlisi de PCA com a part del tractament de dades amb les 6 zones d'estudi i els 10 ítems més freqüents per tal de comprendre i reduir la dimensionalitat del conjunt de dades i obtenir una projecció en un espai de dimensions més baixes (2 dimensions) que conserva la major part de la informació original.

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

4.1 DADES DESCRIPTIVES

4.1.1 ESTAT DEL BOSC DE RIBERA (índex QBR)

L'índex QBR ens indica la qualitat mediambiental de la zona de ribera, es basa en diversos indicadors (la diversitat i abundància de la vegetació, la presència de fauna característica de les rieres, la qualitat de l'aigua, la connectivitat del corredor fluvial, etc.) que reflecteixen l'estat de conservació de l'ecosistema fluvial i el seu entorn.

Als trams BRU1 i BRU2 l'índex ha donat un valor final de 100% (Fig. 7), ja que es tracta de trams en els que el bosc de ribera presenta variabilitat d'espècies i es troba en una zona poc impactada per l'activitat humana i on també la connexió de la vegetació de ribera amb el bosc és bona.

A diferència d'aquests trams BRU6 presenta els valors més baixos de l'índex (Fig. 7), degut a la presència de l'antiga colònia tèxtil que va modificar el canal fluvial i la cobertura de la vegetació de ribera.

Els altres trams BRU3, BRU4 i BRU5 trobem valors de 71, 76 i 56 % respectivament, degut a la qualitat de la vegetació de ribera i també a l'activitat antròpica de les zones. La mitjana de tots els trams és de 75,5, la qualitat del bosc és bona, tot i estar lleugerament pertorbat (Fig. 7).

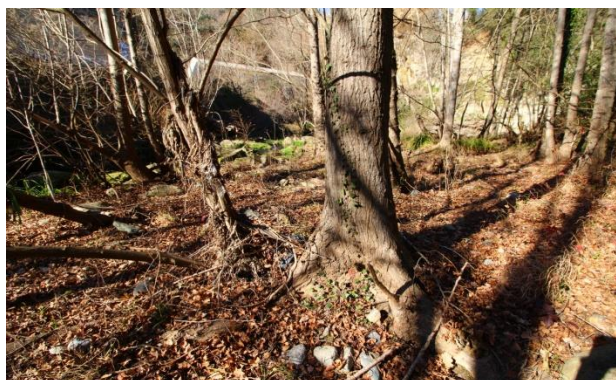
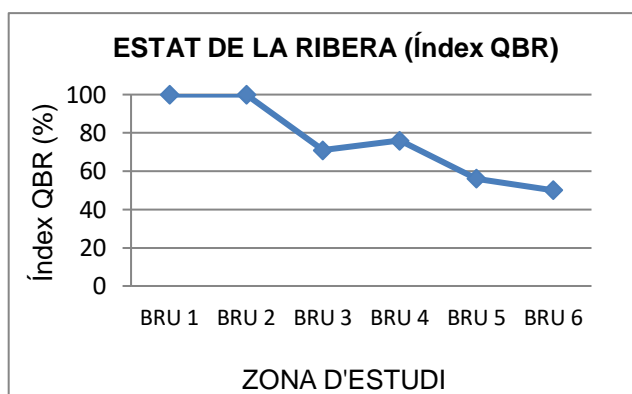


Figura 7. Índex QBR (en %) per avaluar l'estat de la ribera als 6 trams d'estudi (la puntuació varia en una escala de 0 a 100, on valors més alts indiquen una major qualitat mediambiental). Imatge; bosc de ribera.

4.1.1 TIPUS D'ACTIVITAT

Al voltant del riu Brugent, es troben diverses activitats humanes, com ara industrial, agrícola, turística i urbana a més de la presència d'antics abocadors i la depuradora del poble (POUM_LPH_2021).

La zona de bany als gorgs és molt turística, l'últim any es va fer una venda de 30.000 tiquets en el total de gorgs. En total hi ha 3,5 mesos d'inactivitat a les gorgues, ja que l'estiu del 2021 l'entrada de turisme a les gorgues va començar a mitjans de Març i acaba a finals de Novembre. La regulació per part de la fundació EMYS es fa de Juny a Setembre.

BRU4 és una zona impactada per l'activitat urbana degut a ser utilitzada com a abocador de material de construcció i on hi ha presència d'almenys dues canonades d'aigües residuals, per això li hem assignat un valor elevat d'impacte antròpic, igual que BRU5 i BRU6 que es troben en zones transitades per les visites locals (Taula 2).

BRU1, BRU2 i BRU3 són els més propers a zones de conreu, horts i camps de pastura, pel que es troben més impactats per aquest tipus d'activitat. BRU6 es troba en una zona en la que

antigament havia hagut una indústria tèxtil (Fig. 2). Als trams BRU4 i BRU5 s'han localitzat dues zones on antigament s'havien utilitzat com a abocadors locals (Taula 2). Al BRU6 és el que es troba per sota de la depuradora i per tant el tram que es pot veure afectat per aquesta activitat (Taula 2).

Aquest enfocament permet avaluar com les diferents activitats (industrial, agrícola, turística, urbana, etc.) influeixen en l'abundància dels ítems identificats en el riu Brugent.

Taula 2. Tipus d'activitats contribuents a la contaminació per plàstics al voltant del curs fluvial del riu Brugent. Turisme, urbana i agricultura i ramaderia prenen valors entre 0 a 10, essent 0 l'absència d'activitat, i essent 10 el màxim d'activitat. Industrial, abocadors i depuradora prenen valors de 0 o 1, essent 0 l'absència i 1 la presència d'activitat.

	BRU 1	BRU 2	BRU 3	BRU 4	BRU 5	BRU 6
TURISME (0-10)	10	0	9	0	2	3
URBÀ (0-10)	0	0	2	7	6	6
AGRICULT. I RAMAD. (0-10)	8	9	8	1	2	0
INDUSTRIAL (0-1)	0	0	0	0	0	1
ABOCADORS (0-1)	0	0	0	1	1	1
DEPURADORA (0-1)	0	0	0	0	0	1

4.2 MacP

Els resultats de MacP s'expressen en quantitat d'ítems; en massa (grams) i superfície dels residus dividit per unitat de superfície mostrejada. Essent les unitats (ítems/m²), (g/m²) i (m²/m²). Aquest últim mostra la proporció de superfície coberta per residus plàstics i s'expressa en percentatge de l'àrea mostrejada coberta per residus plàstics (multiplicant la proporció per 100).

4.2.1 MacP Ítems/m²

La major presència de MacP per metre quadrat (ítems/m²) és troba a les zones BRU4 i BRU6 (Fig. 8), les quals s'assemblen molt també en MacP de la zona de ribera com penjants i flotants, possiblement pel fet de trobar-se BRU4 al costat d'un abocador i BRU6 al costat de l'antiga colònia tèxtil la Dussol, on hi ha molts residus i també trobar-se aigües avall de la depuradora. Els MacP bentònics són més abundants a BRU4 i BRU6 (Fig. 8), es pot deduir que està relacionat amb la presència de MacP de ribera, per això també n'hi ha a dins del riu. Als altres trams és inexistent, o quasi inexistent la seva presència. La presència dels MacP flotants és més elevada al BRU6 on també correspon a major presència de residus de ribera (Fig. 8). Per altra banda, els MacP penjants són més abundants al tram BRU1, seguit de BRU5 i BRU6, a diferència de BRU 2, BRU3 i BRU5 que tenen uns valors baixos (Fig. 8). Els MacP de ribera i MacP bentònics presenten una alta correlació ($\rho = 0.97$; $p < 0.05$), pel que les gestions de neteja que puguin tenir present l'extracció de MacP de la ribera de les zones més freqüentades, podria evitar la caiguda de plàstics al riu, per això es troben menys MacP bentònics a on hi ha pocs MacP de ribera.

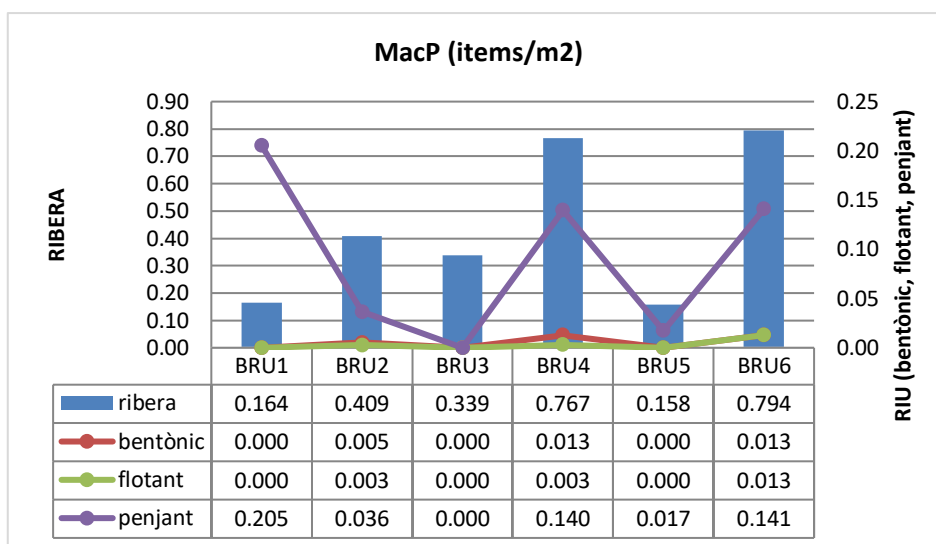


Figura 8. MacP representats en ítems/m² de la ribera (esquerra del gràfic) i de dins del riu (bentònic, flotant i penjant)(dreta del gràfic) en les 6 zones estudiades i la taula de valors respectiva a la zona mostrejada.

4.2.2 MacP g/m²

Els grams de residus plàstics per superfície trobats ens dóna una idea de la quantitat de plàstics que s'acumulen al medi. A la ribera veiem que a BRU4 és on predominen de forma atípica la major quantitat de MacP, ja que és un valor molt per sobre dels altres, es deu a la presència de l'abocador que es troba just aigües amunt. Respecte a BRU1, BRU2, BRU3 i BRU5 semblen els més semblants en quant a pes de la totalitat dels ítems, amb nivells similar pel que fa a l'acumulació de residus. A BRU6 puja una mica més el valor, on l'acumulació de residus és una mica superior (Fig. 9). Respecte als residus dins del riu, els MacP bentònics i MacP penjants prenen valors més elevats a BRU4, com és d'esperar, ja que els residus de la ribera acaben entrant al riu. Tot i això a BRU1 els MacP penjants presenten el valor més alt (Fig. 9).

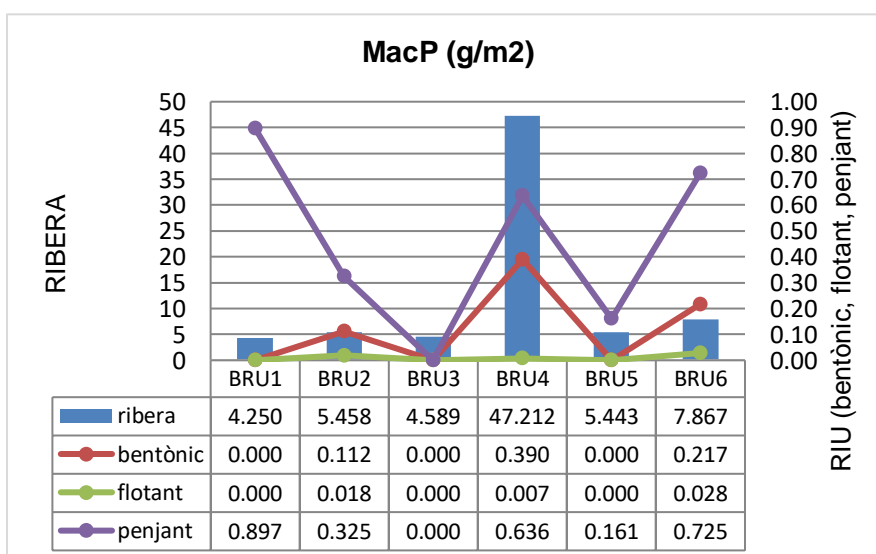


Figura 9. MacP representats en g/m² de la ribera (esquerra del gràfic) i de dins del riu (bentònic, flotant i penjant)(dreta del gràfic) en les 6 zones estudiades i la taula de valors respectiva a la zona mostrejada.

4.2.3 Cobertura de MacP (en %)

Al BRU4 és on trobem una major cobertura, amb valors del 4%, seguit de BRU6 (Fig. 10), que atribuïm a la presència o proximitat als abocadors.

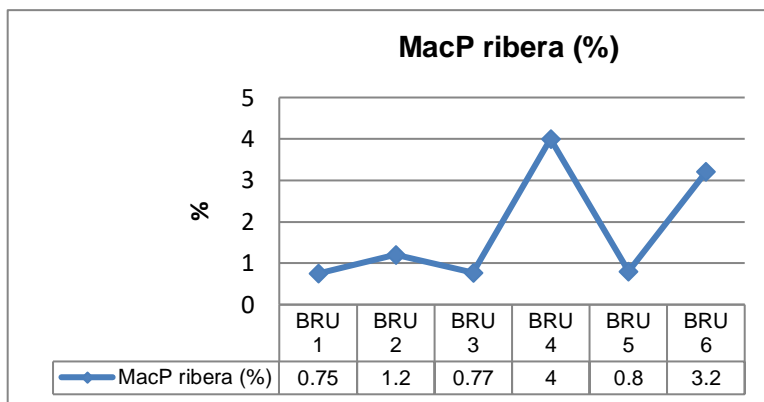


Figura 10. Cobertura (en %) dels MacP de la superfície mostrejada de la ribera amb la taula respectiva als valors de cada tram.

4.3 MesP

Els resultats de MesP s'expressen en quantitat d'ítems i en massa (grams) dels residus dividit per unitat de superfície mostrejada. Essent les unitats (ítems/m²) i (g/m²).

4.3.1 MesP Ítems/m² i MesP g/m²

Els ítems/m² dels MesP són molt predominants a BRU1, on correspon a una zona d'activitat turística i per tant on es generen molts residus. Al BRU4 també té un valor força elevat degut a la presència de molts MesP igual que a BRU6. En pes/m² els valors més elevats corresponen a BRU1, com és d'esperar i seguit de BRU2 i BRU5 tot i no presentar gaires ítems/m² (Fig. 11).

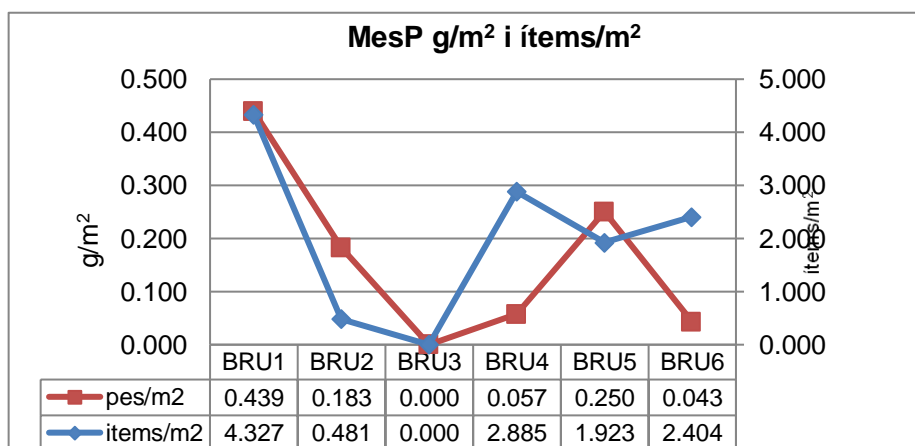


Figura 11. MesP mostrejats en g/m² (esquerra del gràfic) i ítems/m² (dreta del gràfic) dels 6 trams estudiats amb els respectius valors a la part inferior del gràfic.

Al tram BRU1, observem com el valor de MacP per la zona de ribera té un patró diferent als MesP, ja que MacP de ribera és de 0,164 ítems/m², en canvi MesP és de 4,327 ítems/m². L'alta abundància de MesP retinguts al medi provinents de la fragmentació de MacP indiquen que hi hauria d'haver més presència de MacP pel que podem deduir que a les zones turístiques hi ha una millor gestió dels residus grans, més visibles, pel que se'n troben relativament pocs degut a la seva extracció. Tot i això hi ha una alta correlació entre els ítems/m² de MesP i de MacP penjant ($\rho = 0.91$; $p < 0.05$), el patró coincideix degut a que els penjants queden més amagats, i són menys visibles que els de la zona de la ribera i per tant tampoc es recullen tant a les zones turístiques.

Per contra, a les zones que són més veïnals, amb més freqüentació urbana, BRU4 i BRU6, però que no es troben dins dels itineraris turístics, pel que no es fan aquestes mesures de gestió, els MacP són més abundants a la ribera.

4.5 Marine Debris Tracker (MDT)

La tipologia de residu més abundant al BRU1 són les tovallolletes desinfectants (2,8) tant a la ribera com al penjant, pel que si suposem que es fan algunes neteges, aquest residu es troba o bé amagat o no es veu i per això no es recullen. També en aquest tram les cordes (6,5) són molt abundants. El mateix passa al BRU2 i BRU6, son iguals com a tipus de residu, passa el mateix a ribera com a MacP penjant. La tipologia de residu es molt semblant, pel que el tipus d'impacte molt semblant. L'origen de les tovallolletes es pot derivar del turisme i les cordes procedents de l'activitat agrícola. BRU2 es veu afectat pel que passa a BRU1, ja que es troben molt pròxims. Al BRU2 té molta més concentració de ítems/m² a la ribera, hi dominen les tovallolletes que podrien procedir de les riuades (Fig. 12).

Les correlacions dels MacP, ens mostren similituds en la composició dels residus en base a la classificació de MDT. BRU2, BRU3 i BRU6 de la ribera estan correlacionades entre elles; BRU2 amb BRU3 ($\rho = 0.99$; $p < 0.05$), BRU2 amb BRU6 ($\rho = 0.98$; $p < 0.05$) i BRU3 amb BRU6 ($\rho = 0.98$; $p < 0.05$). El patró és semblant en la tipologia de plàstics de la ribera i també per la tipologia dels residus penjants, en tots ells dominen principalment les tovallolletes desinfectants, peces de tela i cordes. Aquest patró no sembla conseqüència del turisme, ja que esperaríem ampolles, bosses d'un sol ús, embolcalls de menjar, etc (Fig. 12).

En canvi, els trams BRU4 i BRU5 tenen una tipologia de plàstics molt diferents, degut a la proximitat als abocadors, que porten a la dominància de trossos de tela en el BRU4, i a la barreja entre aquest residu i la resta que arrossega el riu al BRU5. El residu que ha quedat en el riu no es el que prové de l'activitat de visites turístiques sinó que prové com a residu urbà, i que sol trobar-se per sota les depuradores i zones d'abocament d'aigües residuals no controlades. Al BRU4, on hi ha més quantitat de residus (en pes), dominen les peces de roba (Fig. 12).

Els plàstics que tenim en el BRU2 i BRU3 al riu també són els plàstics que hi ha penjant pel que tot té a veure quan el creixement del riu, les crescudes arrossegueu ítems que queden al marge fluvial, pel que ara que estàvem amb poc cabal ho veiem i queda retingut entre la vegetació.

I entre residus del riu (MacP penjant) i residus de la ribera a BRU2 i BRU6, es tracta de residus que arrossega el riu i que queden atrapats als arbres i dipositats al marge. Principalment són tovallolletes desinfectants i restes de cordes pel que l'origen és probablement de les aigües residuals, també presenta un patró semblant a BRU1.

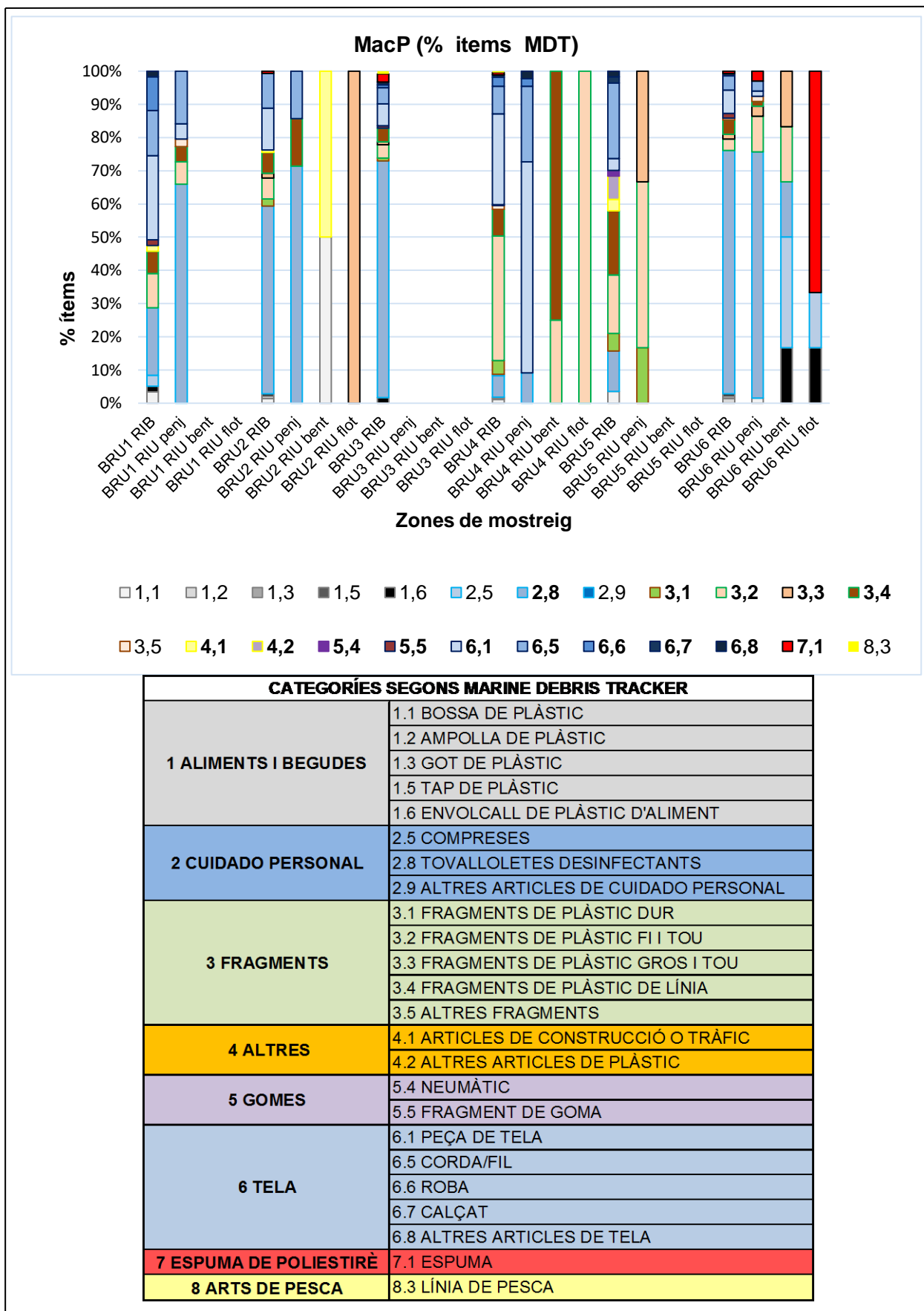
Al BRU6, tornem a veure el patró d'aigües amunt al disminuir la influència de l'abocador del BRU4. El fet de trobar el mateix tipus de residu al marge (MacP ribera) i a la vegetació que cobreix el riu (MacP penjant), es tracta de residus arrossegats pel riu durant les crescudes i que per tant es retenen a l'entorn fluvial (Fig. 12).

També s'ha trobat correlació analitzant els 5 tipus de residus més abundants (en quantitat i en pes) amb la classificació que feta dels diferents trams fluvials. Per una banda, al BRU6, la quantitat de tovallolletes (en ítems/m²) es correlaciona ($\rho = 0.89$; $p < 0.05$) amb la variable d'activitat industrial i presència de depuradora. Veiem que aquesta variable és més elevada en aquest tram, ja que es troba sota de la depuradora d'aigües residuals.

Per altra banda, trobem una correlació ($\rho = 0.94$; $p < 0.05$) entre intensitat d'activitat turística lligada als gorgs, i la proporció en pes de peces de roba que trobem en els residus a la ribera. Pel que podem dir que l'activitat turística està relacionada amb la proporció en pes de la roba.

En base a les correlacions fetes amb la matriu de 10 dels ítems més abundants (en % ítems), es mostra que la tipologia de residus no va sempre lligada a la quantitat. Mentre la quantitat més elevada de residus la trobem als trams BRU1, BRU4 i BRU6 (en general), aquests no comparteixen el tipus de residu. El BRU4 és diferent a la resta, i també és diferent del BRU6 i del BRU1.

Mirant la mitjana del que hi ha a dins del riu i el que hi ha a la ribera, el valor que s'obté ens orienta del que hi ha per tram. Pel que veiem així que a BRU1 i BRU2 hi ha valors similars, pel que en general podem dir que on hi ha turisme trobem tovallolletes. On hi ha abocadors trobem fragments i això ho veiem aigües avall, on hi trobem menys concentració. I al BRU6 tornem a trobar tovallolletes, que podrien venir de la depuradora.



(Veure peu de pàgina Figura 12 a p. 21)

Figura 12. Classificació dels MacP segons Marine Debris Tracker (MDT) a les zones de mostreig de les 6 zones amb les respectives simbologies en números i colors. Els MacP mostrejats a les diferents àrees es troben simbolitzats com; Ribera (RIB), Riu flotant (RIU flot), riu bentònic (RIU bent) i riu penjant (RIU penj).

Mitjançant l'anàlisi de PCA, s'han calculat les components principals i s'ha creat un gràfic bidimensional per representar la distribució de les mostres en aquest espai reduït. Aquest gràfic de dispersió ens permet visualitzar de forma clara les relacions i agrupacions entre les mostres (Fig. 13).

En analitzar el gràfic de PCA, s'han examinat les dues primeres components principals, que capturen la major part de la variabilitat en les dades. L'eix horitzontal representa la primera component principal i l'eix vertical representa la segona. Observant la dispersió dels punts en el gràfic, s'identifica que els residus 1.1 (bossa de plàstic), 4.1 (articles de construcció) i 6.5 (cordes) expliquen la major part de la variabilitat i contribueixen més a les diferències observades entre les mostres (Fig. 13).

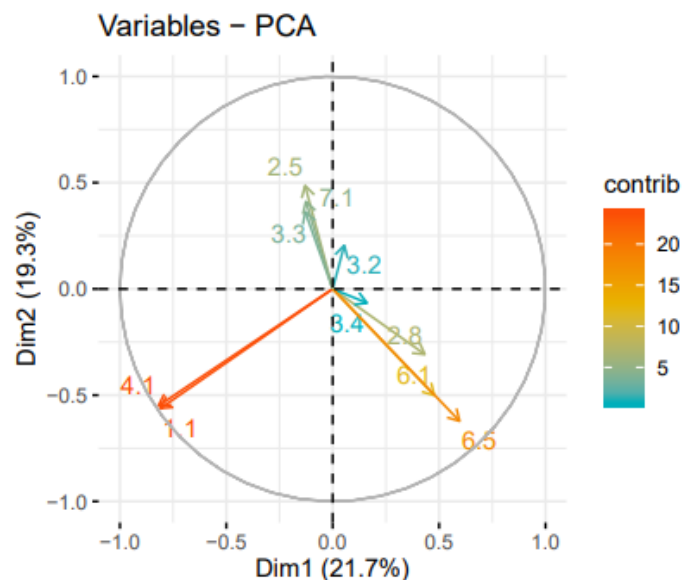


Figura 13. Gràfic bidimensional de l'anàlisi de PCA amb la contribució corresponent a cada variable. Eix x: Dim1 amb explicació del 21,7% de les dades i Eix y: Dim2 amb explicació del 19,3% de les dades.

MesP MDT

Troblem un sol tipus d'ítem de MesP al BRU1 i BRU2, fragments de plàstic dur i peces de tela respectivament. Al BRU1 se'n van trobar forces a una zona de pas, pel que indicaria que s'han fragmentat els residus degut al pas dels visitants als gorgs, aquests podrien ser la majoria d'origen agrícola. Al BRU3 no se'n troben, lligat a la poca presència de MacP (Fig. 14).

BRU4 trobem 3 tipologies; cordes, fragments de plàstic de línia i peces de tela, es podria tractar d'origen agrícola i també dels abocadors, que generen molts residus fragmentats.

En relació al % en pes segons el tipus de residu veiem que és quasi el mateix que en el % en ítems, excepte BRU4 i BRU5 que varia una mica més.

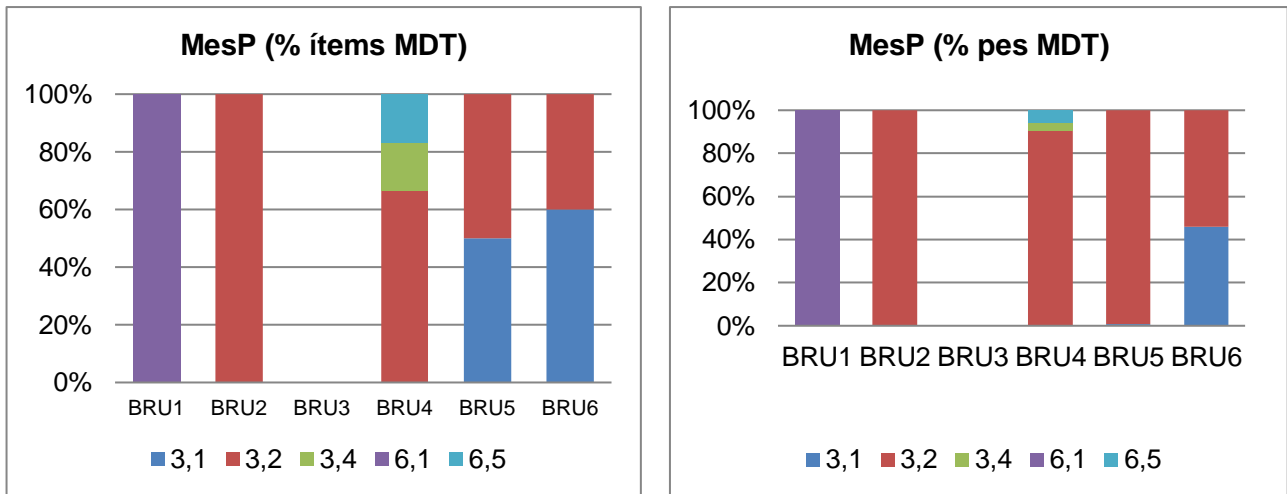


Figura 14. Classificació dels MesP segons segons Marine Debris Tracker (MDT) a les 6 zones. Consultar respectiva simbologia dels tipus de residus a figura 12.

4.6 FTIR

El material més abundant és el nylon amb 2405 mg/m², un pes relativament alt en comparació amb altres materials de la taula. Aquest material es troba principalment a la tela (material resistent i durador), pel que l'abocador del BRU4 que presentava molta tela, n'és la principal font (Fig. 15).

Seguidament hi trobem el polietilè, 2113 mg/m², que es tracta d'un polímer termoplàstic comunament utilitzat en la fabricació de productes plàstics. És flexible, resistent a la humitat i té una bona resistència química. Es fa servir en una àmplia gamma d'aplicacions, des de bosses de plàstic fins a ampolles de plàstic (Fig. 15).

Polipropilè, polièster, bareco polywax, PVC, homopolímer d'etilè i resina de poliamida són altres dels compostos plàstics que s'han trobat amb més abundància. Per contra, un dels més trobats ha estat també el cotó, procedent dels teixits (Fig. 15).

Aquests materials tenen diferents propietats i són utilitzats en diverses indústries i aplicacions, i la seva presència en el medi ambient pot tenir impactes significatius en la salut dels ecosistemes aquàtics i terrestres.

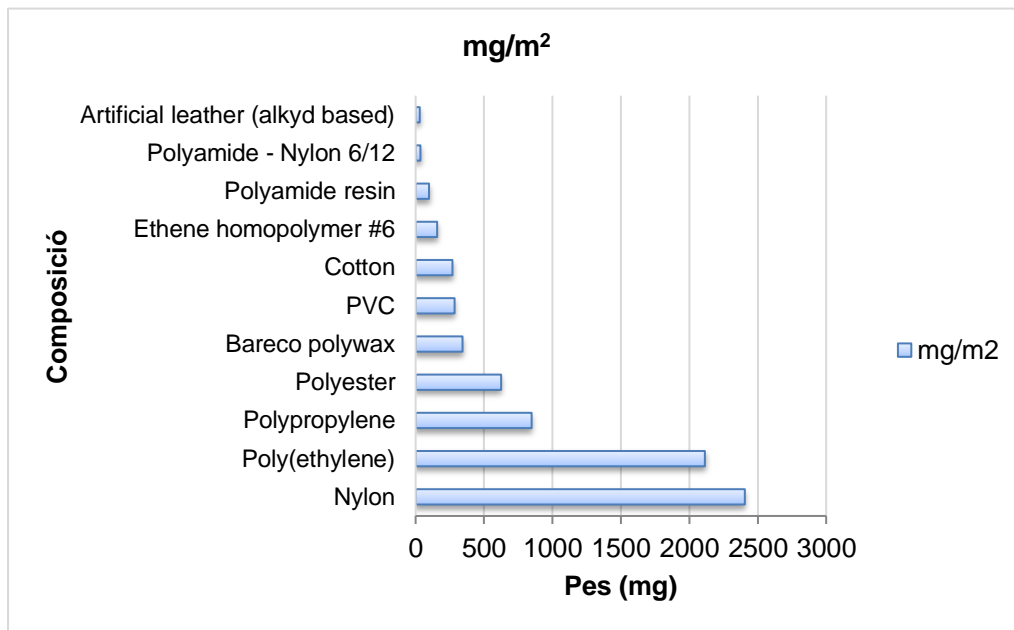


Figura 15. Representació de les composicions dels residus més abundants en pes (mg) per àrea (m²).

5. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

This is the first field study on pollution by plastic waste that is carried out in the Brugent River as it passes through les Planes d'Hostoles. The results of this study show that this is an area highly polluted by plastic waste. The presence of macroplastics on the riparia is more abundant than in the river, so the riparia is an important area particularly affected by plastic pollution. BRU6 and BRU4 are the areas with a greater amount of items/m² in the riparia, the benthos and hanging. In the riparia between the two, half of the items by surface area of all sections accumulate (59.3%). BRU1 represents the highest value of MacP hanging. Regarding the weight BRU4 is the one that represents the highest value, since it is linked to the large presence of items/m², in the riparia it accumulates 63,1% of g/m² with respect to all sections. MacP benthic and floating are also more present in BRU4. And the MacP hanging the highest values are in BRU1 and BRU6. The coverage of plastic waste also takes high values. BRU4 is the section most affected by plastic waste coverage, with a value of 4%. BRU1 is the area with the most MesP both in g/m² and in items/m².

The results of this study underline the presence of significant pollution by plastics of different origins in each section studied, as each presents a different human activity. It can be seen that the type of waste is not always related to its quantity, the places with more quantity do not share the same type of waste. The plastic types with the greatest abundance at BRU1, BRU2 and BRU6 are disinfectant wipes with provenances from tourism, urban activities and sewage treatment, also pieces of cloth and ropes with provenances from landfills and agricultural activity respectively. On the other hand, sections BRU4 and BRU5 have a very different type of plastics, due to the

presence of landfills next to it. The initial expectation is not fully met, since there are several sources of plastics, the tourist activity in the swimming areas in gorges would not produce the impact so aggravated as expected. Landfills, remains of industrial activity and the sewage treatment plant are the most important sources of plastic pollution at BRU4, BRU5 and BRU6.

The presence of nylon present in the fabric and clothing pieces stands out with greater predominance. Polyethylene is also found predominantly in plastic products such as bags and plastic fragments.

The workshop done was organized in the context of the final degree thesis and in collaboration with the citizen science platform Plastic0pyr Switch and the Council of Les Planes d'Hostoles, you can consult the report made at:

https://drive.google.com/drive/folders/1smLEtPt8jzkDS08xBomSdeZdwdPZV59s?usp=drive_link

Comparing the values obtained from the citizen science workshop carried out in the BRU4 area with other campaigns carried out within the framework of the Plastic0Pyr project, the values of the Brugent River in les Planes d'Hostoles are well above average (Table 3). Although the amount of MacP per square meter has high values in the Delta of Ebre followed by Valls, the Brugent River in les Planes d'Hostoles is the locality with the highest value, related to g/m^2 it is extremely above the other localities. Regarding MesP, it is above the median.

Taula 3. Comparison of the results obtained in the workshops held within the framework of the PlasticOpyr Switch citizen science platform. MacP values (in items/m² and g/m²) and MesP values (in items/m² and g/m²) and medians of the 10 studies.

Lloc	Característiques	MesP ítems/m ²	MesP g/m ²	MacP ítems/m ²	MacP g/m ²
Riera d'Arbúcies. Tordera. El Regàs ¹	Forestal	0	0	0,02	0,199
Riu Tristaina a Arcalís (Andorra)²	Riu turístic del Pirineu	0,868	–	0,037	0,938
Riera d'Arbúcies. Tordera. Abans Arbúcies (Passeig del Montseny, Prat Rodó) ¹	Riu urbà	0,002	–	0,075	0,538
Riera d'Arbúcies. Tordera. Després Arbúcies (sota depuradora)¹	Riu urbà	0,025	–	0,1	1,42
Riera d'Arbúcies. Tordera. Després Arbúcies (masia de Can Pasqual) ¹	Urbà i forestal	0,02	–	0,055	1,076
Desembocadura Tordera³	Urbà i agrícola	0,001	–	0,058	0,51
Riera Llémema a Sant Gregori ⁴	Urbà i agrícola	3,29	–	0,048	1,615
Torrent del Catllar, Valls⁵	Urbà	2,63	0,198	0,155	2,94
Passeig fluvial de Riumar, Delta de l'Ebre ⁶	Turístic	4,28	–	0,267	1,583
Riu Brugent a les Planes d'Hostoles⁷	Urbà i industrial (abocador antiga fàbrica de roba)	2,88	0,06	0,772	47,06
Mediana de tots els estudis (n=10)		0,446	0,06	0,091	1,245

¹ Mateu 2021; ² PlasticOpyr Switch; ³ Hinojosa 2021; ⁴Cornejo i col 2021 b; ⁵Cornejo i Guasch, 2022a; ⁶Cornejo i Guasch, 2022b; ⁷Cornejo, Barbeta i Guasch 2023.

The actions have been identified to improve the state of the fluvial ecosystem are; empower the local population and prevent the release of waste in order to sustainably reduce plastic pollution in les Planes d'Hostoles; invest in environmental education in the different areas; claim at the administrations a total closure of landfills and clean them up; create volunteer groups to clean the river; claim ACA to connect the waste waters not connected to the sewage treatment plant; penalties for people that throws rubbish and waste into nature; more intensive monitoring of rural agents; local and ecological materials and water consumptions and restoring, recycling and reusing.

REFLEXIONS SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE

REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA

La (*Directiva (UE) 2019*) intenta aplicar la reducció de l'impacte i un codi ètic a la problemàtica per residus plàstics. Aquesta ètica ens insta a considerar els principis fonamentals de justícia, respecte i responsabilitat. En el cas de la contaminació del riu Brugent, aquests principis ens recorden que hem de pensar en el benestar d'altres éssers vius i ecosistemes que depenen d'aquests recursos aquàtics. Contaminar els rius, encara que sigui indirectament o inconscientment, implica violar el dret a un ambient saludable i comprometre la capacitat per sobreviure i créixer a nombroses espècies de plantes i animals. Cal enfrontar la problemàtica dels contaminants antropogènics als rius amb responsabilitat, respecte i consciència de les conseqüències de les nostres accions (Zozul'ak & Zozul'aková, 2022).

REFLEXIÓ SOBRE SOSTENIBILITAT

És necessària una col·laboració sistemàtica entre tots els sectors productius, les administracions, les entitats conservacionistes i els educadors de ciències i d'estudis socials per proporcionar una preparació realista i potent per als futurs desafiaments de la sostenibilitat. Això implica promoure pràctiques industrials sostenibles, fomentar l'educació ambiental i adoptar polítiques que protegeixin i restaurin els ecosistemes aquàtics. El concepte de la modernització ecològica presenta una discrepància, i cal estar-ne alerta, ja que els estudiants que se'ls ensenyi a veure la sostenibilitat des d'aquesta perspectiva seran menys capaços de generar respostes contextualitzades degut a l'aplicació de la tecnologia (Feinstein & Kirchgasser, 2015).

REFLEXIÓ SOBRE PERSPECTIVA DE GÈNERE

La perspectiva de gènere en l'àmbit acadèmic i científic és fonamental per comprendre i abordar les desigualtats i els biaixos que poden existir en la investigació i en el desenvolupament de projectes. Afortunadament avui en dia hi està havent molta conscienciació de la població per tal d'abordar aquest tema i fer-ne una normalització i major equitat (Ortenblad et al., 2017). En el meu cas, en tenir una dona com a tutora, o la participació majoritària de dones en el taller voluntari de ciència ciutadana, he tingut l'oportunitat d'experimentar directament l'impacte positiu que pot tenir una perspectiva de gènere en el desenvolupament del treball final de grau. Malgrat els obstacles i la manca de reconeixement històric, moltes dones científiques han deixat una marca a la ciència i han establert les bases per a futures investigacions (Menendez, 2011). És per això que es tracta de reconèixer i tenir en compte les diferències de gènere i com poden influir en els resultats i les experiències de les persones involucrades.

6. BIBLIOGRAFIA

- POUM-LPH*. Recuperat 30 juny 2023, de https://www.seu-e.cat/documents/1455031/13525857/05_POUM_LPH_AI_Agenda+i+AEF%2BISE/6739d534-ebfc-45ea-939d-683fb7207442
- Blettler, M. C. M., Abrial, E., Khan, F. R., Sivri, N., & Espinola, L. A. (2018). Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research*, 143, 416-424. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.015>
- Chen, X., Xiong, X., Jiang, X., Shi, H., & Wu, C. (2019). Sinking of floating plastic debris caused by biofilm development in a freshwater lake. *Chemosphere*, 222, 856-864. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.015>
- Directiva (UE) 2019/ del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente.*
- El riu Brugent—Espai protegit del Brugent.* (s.d.). Recuperat 3 juliol 2023, de <https://www.espaiprotegitdelbrugent.cat/ca/l-espai-natural-protegit/el-riu-brugent/>
- Feinstein, N. W., & Kirchgasler, K. L. (2015). Sustainability in Science Education? How the Next Generation Science Standards Approach Sustainability, and Why It Matters. *Science Education*, 99(1), 121-144. <https://doi.org/10.1002/sce.21137>
- Free, C. M., Jensen, O. P., Mason, S. A., Eriksen, M., Williamson, N. J., & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- IBICAT2_Informe2010.pdf.* (s.d.). Recuperat 30 juny 2023, de https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/10267/IBICAT2_Informe2010.pdf?sequence=1
- Imhof, H. K., Ivleva, N. P., Schmid, J., Niessner, R., & Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23(19), R867-R868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001>
- Les Planes d'Hostoles.* (s.d.). Recuperat 3 juliol 2023, de http://www.trianglegironi.cat/bloc_fitxers/garrotxa/les_planes_hostoles.php
- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 362-374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>

- Lusher, A. L., Bråte, I. L. N., Munno, K., Hurley, R. R., & Welden, N. A. (2020). Is It or Isn't It: The Importance of Visual Classification in Microplastic Characterization. *Applied Spectroscopy*, *74*(9), 1139-1153. <https://doi.org/10.1177/0003702820930733>
- Marginat, H., Ruiz-Orejón, L. F., Cornejo, D., Martí, E., Vila, A., Le Roux, G., Hansson, S., & Guasch, H. (2021). *Guía de procedimientos y métodos validados en campo para el monitoreo de los residuos plásticos en los sistemas fluviales de montaña*. <https://doi.org/10.13039/501100000780>
- Marginat, H., Ruiz-Orejón, L. F., Cornejo, D., Vila, A., Roux, G. L., Hansson, S., & Guasch, H. (s.d.). *Guía de procedimientos y métodos validados en campo para el monitoreo de los residuos plásticos en los sistemas fluviales de montaña*.
- Menendez, C. (2011). El papel de la mujer en la investigación científica y médica en el siglo xxi: Un debate necesario. *Atención Primaria*, *43*(7), 331-332. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2011.06.001>
- Ortenblad, A., Marling, R., & Vasiljevic, S. (2017). *Gender Equality in a Global Perspective*. Taylor & Francis.
- PLASTICOPYR Switch: Una iniciativa para involucrar a los ciudadanos en la recogida y el análisis de los residuos plásticos. (s.d.). *POCTEFA*. Recuperat 3 juliol 2023, de <https://www.poctefa.eu/blog/noticia/plastic0pyr-switch-una-iniciativa-para-involucrar-a-los-ciudadanos-en-la-recogida-y-el-analisis-de-los-residuos-plasticos/>
- PlasticsEurope-CircularityReport-2021_28022022.pdf*. Recuperat 2 juliol 2023, de https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/04/PlasticsEurope-CircularityReport-2021_28022022.pdf
- Ryberg, M. W., Hauschild, M. Z., Wang, F., Averous-Monnery, S., & Laurent, A. (2019). Global environmental losses of plastics across their value chains. *Resources, Conservation and Recycling*, *151*, 104459. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104459>
- Schwarz, A. E., Ligthart, T. N., Boukris, E., & Van Harmelen, T. (2019). Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study. *Marine Pollution Bulletin*, *143*, 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.029>
- Shim, W. J., Hong, S. H., & Eo, S. E. (2017). Identification methods in microplastic analysis: A review. *Analytical Methods*, *9*(9), 1384-1391. <https://doi.org/10.1039/C6AY02558G>
- van Emmerik, T., & Schwarz, A. (2020). Plastic debris in rivers. *WIREs Water*, *7*(1), e1398. <https://doi.org/10.1002/wat2.1398>

Williams, A. T., & Simmons, S. L. (1999). Sources of Riverine Litter: The River Taff, South Wales, UK. *Water, Air, and Soil Pollution*, 112(1), 197-216. <https://doi.org/10.1023/A:1005000724803>

ZEC_ES5120029_fitxa.pdf. Recuperat 2 juliol 2023, de https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/el_sistema/xarxa_natura_2000/xarxa_natura_2000_a_catalunya/mapes_1_50000/fitxes_zec/girona/ZEC_ES5120029_fitxa.pdf

Zozuľak, J., & Zozuľaková, V. (2022). Ethical and Ecological Dilemmas of Environmental Protection. *Management Systems in Production Engineering*, 30(3), 282-290. <https://doi.org/10.2478/mspe-2022-0036>