UN MAR DE PLÀSTIC:

Estudi de l'impacte de les depuradores als microplàstics que arriben a les platges

Autora: Anna Puig 2nD

Tutors: Albert Ramos i Maria Sàbat

Data d'entrega: 15/01/2021

Índex

Introducció **3**

1. Què són els microplàstics **7**

1.1. Classificació segons l'origen **8**

1.1.1. Microplàstics primaris 8

1.1.2. Microplàstics secundaris 9

1.2. Classificació segons la categoría **9**

1.2.1. Pèl·lets 10

1.2.2. Fragments rígids 10

1.2.3. Fragments esponjosos 10

2. Què són els mesoplàstics **11**

2.1. Classificació **11**

2.1.1. Fragments rígids 11

2.1.2. Fragments laminars 12

2.1.3. Fibres 12

2.1.4. Varetes 12

2.1.5. Burilles 12

2.1.6. Fragments esponjosos 13

3. La problemàtica **14**

3.1. Impactes al medi aquàtic **14**

3.1.1. Impactes a la fauna i la flora marina 15

3.1.2. Impactes en el Mediterrani 16

3.2. Impactes al medi terrestre **17**

3.3. Impactes als humans **17**

3.3.1. Exposició directa 18

3.3.2. Exposició ambiental 19

4. Les EDAR **20**

4.1. EDAR Palamós **20**

4.2. Relació establerta amb els microplàstics **21**

5. El projecte Microplàstic Watchers **22**

6. El mostreig i l'anàlisi **23**

6.1. Metodologia emprada en el mostreig **23**

6.2. Variables controlades durant el mostreig **26**

6.3. Metodologia emprada en l'anàlisi de les mostres 27
6.4. Metodologia emprada en l'anàlisi de l'aigua residual 28
7. Resultats i consideracions 29
7.1. Resultats obtinguts 29
7.2. Consideracions 30
Conclusions 34
Agraïments 37
Bibliografia 38

Introducció

De petita em parlaven d'un material gairebé indestructible, nociu per aquells que l'ingerien i capaç de destruir un ecosistema sencer. Aquell material era el plàstic. Jo em preguntava com era que si realment era així el féssim servir amb tanta freqüència. Aquesta pregunta, després de més de deu anys, segueix vigent.

Quan vaig ser una mica més gran, em van explicar que el plàstic, encara que fos reciclable, acabava molts cops al mar. Tot i que intentava recollir tota la brossa que trobava a les platges, no era conscient que milers de trossos minúsculs de plàstic es trobaven dins de l'aigua. D'aquí el títol del meu treball: "Un mar de plàstic".

En aquest treball de recerca, parlaré sobre els microplàstics, especialment sobre l'impacte d'aquests al mar. Però no només això, també parlaré sobre l'efecte de les depuradores a les platges properes a la seva desembocadura i els motius pels quals les depuradores poden ser grans acumulacions de plàstic. El meu treball s'adscriu, doncs, a l'àmbit de les ciències empíriques naturals, en concret de la biologia.

He triat el tema dels microplàstics, en primer lloc, perquè, tal com he dit al principi, al llarg de la meva vida he sentit molt a parlar sobre el descontrol de l'ús del plàstic arreu del món i els problemes que això comporta. En segon lloc, perquè em sembla, i això és el que des de bon començament he pretès, que amb aquest treball puc aprendre més sobre els aspectes negatius d'aquest producte. I, per últim perquè vull estudiar ciències del mar i per tant, la possibilitat de fer un mostreig en diferents platges em fa especial il·lusió.

A banda del meu interès personal, la recerca té un interès social perquè, com he esmentat abans, és un problema actual, que ens afecta a tots, i que si no l'aturem, podria posar fi a un ecosistema tan bonic i ric com és el mar.

Abans de decidir-me pels microplàstics vaig dubtar entre molts altres temes relacionats amb el mar, però després de descartar-ne alguns, vaig haver de decidir entre estudiar la influència de les embarcacions sobre la posidònia o l'impacte dels microplàstics a l'ecosistema marí.
Després de parlar amb biòlegs i estudiants de ciències del mar de Barcelona, vaig veure clar que el tema de la posidònia era gairebé impossible de dur a terme a causa de la necessitat d'immersió per l'obtenció de mostres. També em va fer decantar pels microplàstics el fet que si volgués estudiar la posidònia, hi hauria molts factors difícilment controlables que em condicionarien els resultats, mentre que per saber si realment existeix alguna relació entre els plàstics obtinguts en una platja i les depuradores que desemboquen en aquesta, només em caldria observar la mida i el tipus de plàstics que es troben en les aigües residuals del cicle de depuració.

Per desenvolupar aquesta investigació, he partit de la següent hipòtesi: a les platges on desemboca una depuradora la presència de microplàstics és major. Així doncs els objectius de recerca són:

1.Conèixer què són els microplàstics, la seva procedència, les mides i formes en què es presenten i l'efecte negatiu que tenen al medi marí i als que d'ell depenen.

2.Investigar profundament sobre com les depuradores acaben essent un gran focus de microplàstics.

3.Donar veu al projecte Microplastic Watchers i aprendre més sobre la seva labor.

4.Fer dos mostrejos mensuals de microplàstics en dues platges diferents, una on desemboca una depuradora i una altra on no n'hi desemboca cap.

5.Pesar els plàstics obtinguts, per així poder observar la diferència de microplàstics entre una platja i una altra.

6.Observar les aigües residuals de la depuradora que acabarà desembocant a la platja mostrejada per establir una relació amb les mides i el tipus de plàstics obtinguts en aquesta.

7.Arran del mostreig, trobar si realment hi ha una connexió entre els microplàstics i les depuradores, tenint en compte totes les variables.

Per tal d'assolir aquests objectius, he utilitzat la metodologia detallada a continuació: per començar, he contactat amb el Sr. Luis Francisco Ruiz Orejón, el coordinador científic del projecte Microplastic Watchers, qui em va citar al Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB) per explicar-me el protocol necessari per mostrejar les dues platges. També em va proporcionar informació essencial i consells basats en l'experiència per superar els problemes i dubtes que em poguessin sorgir al llarg de la recerca.
A més he fet una recerca bibliogràfica. He utilitzat diferents plataformes digitals que m'han proporcionat la coneixença per saber d'on provenen els microplàstics i l'impacte d'aquests als ecosistemes marins.
Per aconseguir aigües provinents de l'EDAR Palamós, la depuradora que desemboca a una de les platges que mostrejaré, m'he posat en contacte amb el Sr. Joan Matés, treballador d'aquesta, per aconseguir mostres de les aigües abans de ser enviades al mar.
Per últim, he fet el mostreig a les platges de Sant Antoni (platja sense depuradora) i Castell (platja on desemboca l'EDAR Palamós) i he classificat els resultats obtinguts per poder comparar-los.

L'estructura d'aquest treball segueix l'ordre indicat en els objectius, és a dir, la informació continguda en el treball segueix un ordre lògic que gira al voltant del mostreig realitzat. En primer lloc he redactat una secció amb la teoria més bàsica i necessària per entendre correctament la part pràctica del treball. Un

cop presentat el problema a la part teòrica i després d'exposar els resultats obtinguts del mostreig, he extret les meves pròpies conclusions fent front a les dificultats amb les quals m'he anat trobant.

1. Què són els microplàstics

Els microplàstics són petits fragments sintètics no solubles en aigua i amb un baix nivell de degradabilitat que provenen de derivats del petroli. Tot i que encara s'està debatent a partir de quina mida poden ser considerats microplàstics, l'Administració Nacional Oceànica i Atmosfèrica (NOAA) utilitza el paràmetre de menys de 5 mm de diàmetre per a classificar-los (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

El seu origen es troba principalment en l'activitat industrial i el consum domèstic, estant presents en detergents, dendrítics, en productes per la pell com exfoliants i protectors solars i fins i tot en moltes fibres sintètiques de roba, entre d'altres. Una gran font de microplàstics també són els neumàtics d'automòbils i camions, juntament amb les ampolles de plàstic, les quals no només contaminen el medi, sinó que també alteren la composició de les aigües embassades en aquestes (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

A causa de la seva utilització en un ampli rang de productes, els microplàstics s'han anat fabricant amb una gran varietat de tipus i formes en funció de la seva aplicació (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

Aquestes partícules sòlides estan formades majoritàriament per dos tipus de plàstic: el polietilè (PE) i el polipropilè (PP). El polietilè és poc degradable, però molt simple i econòmic, per la qual cosa és el component plàstic que més s'utilitza a escala mundial; mentre que el polipropilè s'utilitza de manera més especifica per la fabricació de taps i fibres sintètiques de peces de roba i altres teles tèxtils (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

A mesura que passa el temps, els microplàstics varien a causa de la composició dels materials plàstics. El que és habitual és que les mides en les quals apareixen es redueixin per l'erosió de l'aigua i el vent o els efectes de temperatures elevades i els rajos del sol. Com que la seva degradació és

baixa, aquests fragments no arriben a desfer-se del tot pel que mantenen la seva composició química (Ambar, 2019).

1.1. Classificació segons l'origen

Avui dia existeixen diverses formes de classificació pels microplàstics, sent la més genèrica la que se centra en la formació i l'origen d'aquestes partícules. Segons si els microplàstics han estat fabricats ja en mides minúscules o formats pel procés de deteriorament de deixalles plàstiques més grans parlarem de microplàstics primaris o secundaris.

Aquesta classificació permet també establir estratègies que permeten minimitzar els danys que provoquen la presència d'aquestes partícules en l'entorn natural. Sobretot amb accions que promoguin la reducció de la producció i ús de plàstics (Ambar, 2019).

1.1.1. Microplàstics primaris

Els microplàstics primaris es consideren com aquests que han estat fabricats específicament en petites dimensions per ser utilitzats en productes normalment quotidians i que després del seu ús, arriben al medi natural en la seva forma original, és a dir, en el mateix estat en el qual s'han sintetitzat i sense patir variacions en la seva mida (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

Aquests tipus de compostos sintètics es troben majoritàriament en forma de grànuls (microsferes) per la qual cosa un cop han estat utilitzats, es colen pel desguàs i pel seu petit volum, es perden entre els filtres i no es tracten en les depuradores. Un exemple de microplàstic primari és el que es troba en els gels exfoliants i algunes pastes de dents (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

S'estima que els microplàstics primaris representen entre el 15% i el 31% de tots els microplàstics presents en els oceans (RTVE, 2019).

1.1.2. Microplàstics secundaris

Els microplàstics secundaris són partícules que s'originen a partir de la degradació de productes plàstics d'aquí que provinguin de la fragmentació d'estructures sintètiques o bé, de l'alliberació de microfibres durant el rentatge de teles, peces de roba, catifes, etc. (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

Els plàstics de majors dimensions normalment provenen de l'acció del vent i la pluja, que arrosseguen els productes que tirem a les escombraries i els abandonen en diferents vies fluvials. Un cop aquí, si no s'extreuen anteriorment, el destí final d'aquests plàstics és el mar per molt lluny que es trobin de la costa (Greenpeace, 2015)

Un cop arriben al medi marí, triguen entre dècades i centenars d'anys en degradar-se. El temps de degradació depèn del tipus de plàstic i de les condicions ambientals a les quals s'exposa. En el cas dels oceans, la radiació UV procedent de la llum solar és el principal agent que degrada el plàstic. L'acció de l'onatge accelera aquest procés i com a resultat, els fragments més grans es van trencant en trossos més petits (Greenpeace, 2015).

Aquest tipus de microplàstics representen entre el 69% i el 81% dels microplàstics que es troben en les aigües oceàniques (RTVE, 2019).

1.2. Classificació segons la categoria

Un altre mètode de classificació és el que es basa en les diferents categories de microplàstics. Amb aquest tipus de classificació el que es pretén és distingir els diferents microplàstics obtinguts en un mostreig basant-nos en la mida, forma i tacte d'aquests.

Segons se'm va mostrar al CEAB, la plantilla europea de classificació de microplàstics, està formada per gairebé cent categories, de les quals tres, són

les més comunes i utilitzades, ja que no es requereix material específic per detectar determinades característiques fixades en la resta de categories.

1.2.1. Pèl·lets

Els pèl·lets són petites boles rodones o lenticulars, utilitzades a la indústria com matèria primera per fabricar altres productes de plàstic.
Són fàcils de confondre amb grans de sorra (Microplastic Watchers, 2019).

Figura 1: Pèl·let. Cada quadrat fa 5mm.

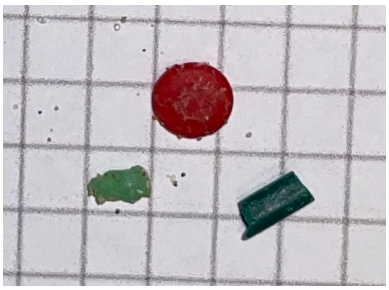

Figura 2: Fragments rígids. Cada quadrat fa 5mm.

1.2.2. Fragments rígids

Aquests són petits trossos procedents de la fragmentació de plàstics de mida més gran, deguda a l'acció de l'erosió, la llum solar i l'aigua marina (Microplastic Watchers, 2019)

1.2.3. Fragments esponjosos

Els fragments esponjosos són partícules que estan caracteritzades per tenir un tacte esponjós. Freqüentment aquesta categoria està formada per petits trossos de porexpan o gomes (Microplastic Watchers, 2019).

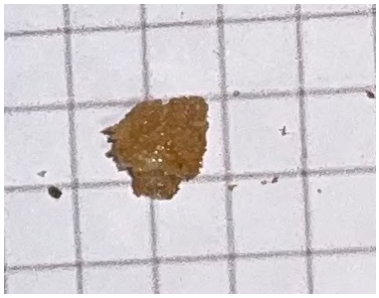

Figura 3: Fragment esponjós. Cada quadrat fa 5mm.

2. Què són els mesoplàstics

Els mesoplàstics, de la mateixa manera que els microplàstics, són partícules plàstiques trobades majoritàriament en el medi aquàtic i perjudicials per als organismes que en depenen (Microplastic Watchers, 2019).

La diferència més característica entre aquests petits tipus de fragments de plàstic és la mida, ja que els mesoplàstics són considerats com a tals a partir dels 5 mm i fins als 25 mm, per la qual cosa són més visibles.

A més, l'origen i la procedència també varien perquè la mida dels mesoplàstics dificulta que aquests escapin dels sistemes de filtració de les depuradores i s'alliberin, juntament amb les aigües residuals, al mar. Per aquest mateix motiu, els mesoplàstics no se solen classificar en primaris o secundaris, ja que la majoria provenen de la degradació de peces de plàstics majors (Microplastic Watchers, 2019).

2.1. Classificació

Tot i no poder ser classificables en primaris o secundaris, els mesoplàstics es poden classificar de la mateixa manera que els microplàstics basant-nos en algunes característiques físiques: la mida, la forma i el tacte.

Segons siguin aquestes característiques, dividirem els mesoplàstics en sis categories diferents.

2.1.1. Fragments rígids

Aquesta categoria està composta per tots aquells trossos durs de plàstic procedents de la ruptura de plàstics majors (Microplastic Watchers, 2019).

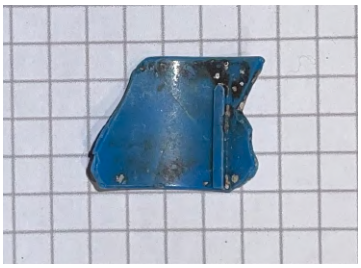

Figura 4: Fragment rígid. Cada quadrat fa 5mm.

Figura 5: Fragment laminar. Cada quadrat fa 5mm.

2.1.2. Fragments laminars

Els fragments laminars són trossos fins procedents de bosses, embolcalls, etc. (Microplastic Watchers, 2019).

2.1.3. Fibres

La categoria de les fibres està formada per una gran varietat de productes com fils, restes de xarxes, niló, teixits plàstics, etc. (Microplastic Watchers, 2019).

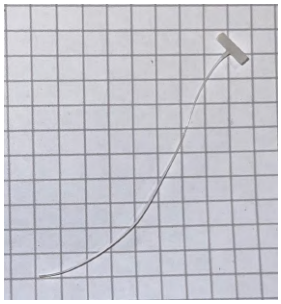

Figura 6: Fil de niló. Cada quadrat fa 5mm.

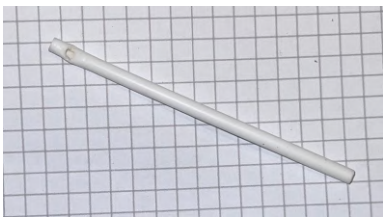

Figura 7: Bastonet de llaminadura. Cada quadrat fa 5mm.

2.1.4. Varetes

Les varetes són els palets i tubets de plàstic procedents normalment dels bastonets de les oïdes o de llaminadures, entre d'altres.

Són catalogats com a mesoplàstics per la mida del diàmetre de la seva base i no per l'altura (Microplastic Watchers, 2019).

2.1.5. Burilles

Aquesta categoria, tal com el seu nom indica, està composta únicament per burilles, que tot i que no són completament de plàstic, la part que més triga a descompondre's (el filtre) conté acetat, un tipus de plàstic (Microplastic Watchers, 2019).

Figura 8: Filtre de cigarro. Cada quadrat fa 5mm.

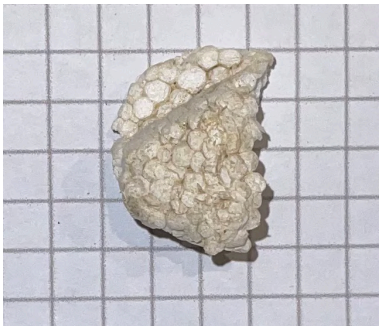

Figura 9: Fragments de porexpan. Cada quadrat fa 5mm.

2.1.6. Fragments esponjosos

Els mesoplàstics categoritzats com a fragments esponjosos, de la mateixa manera que els microplàstics classificats en aquesta categoria, estan caracteritzats per tenir un tacte esponjós. Freqüentment aquests fragments són trossos de porexpan o gomes (Microplastic Watchers, 2019).

3. La problemàtica

Si bé a la dècada dels cinquanta, la producció mundial de plàstic no arribava ni als 2 milions de tones a l'any, actualment s’estima que aquesta dada supera els 400 milions de tones anuals. Per culpa de la seva persistència i la seva fàcil dispersió, podem trobar plàstics en tots els racons del planeta (Aclima, 2018).

Tenint en compte les seves fonts d'origen és fàcil arribar a la conclusió que avui dia els microplàstics s'aboquen a un ritme constant i creixent en les aigües residuals i arriben a contaminar els sols, sediments i la mateixa aigua (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

Tot i ser un problema relativament nou, ja ha quedat reflectit en diversos treballs científics l'impacte dels microplàstics en els ecosistemes marins. A més, també s'ha pogut demostrar la seva presència fora del mar, on aquestes partícules segueixen tenint un efecte contaminant negatiu (Microplastic Watchers, 2019).

3.1. Impactes al medi aquàtic

Estudis fets per la plataforma Eunomia demostren que només podem veure un 6% de les 12,2 milions de tones de microplàstics que entren cada any al medi marí. D'aquest percentatge, un 5% és el que trobem a les platges i un 1% el que es queda flotant a la superfície dels oceans o mars. La resta, sumant un 96% del total de microplàstics, s'enfonsa en entrar en contacte amb l'aigua i romanen en el fons marí. Això comporta que per cada km^2 hi hagi 70 kg de microplàstics contaminant l'aigua de les profunditats marines i oceàniques (CEDEX, 2018).

L'ecosistema marí és el que es veu més afectat directament pels productes plàstics. A causa de la seva facilitat de ser transportats s’escampen de

manera descontrolada per rius, mars i oceans, contaminant les seves aigües (Ambar, 2018).

A més, els microplàstics tenen el potencial d'acumular-se en grans volums en l'aigua i el seu poder tòxic augmenta pel fet que aquelles partícules en el medi absorbeixen toxines que es barregen a les que ja contenen per la mateixa composició química del plàstic (Ambar, 2018).

3.1.1. Impactes a la fauna i la flora marina

Molts dels organismes que habiten en les zones on s'aboquen les aigües residuals o estan a prop d'elles, sobretot peixos, aus, mamífers i invertebrats, es veuen greument afectats pels microplàstics (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

En el cas de petits invertebrats com el zooplàncton i el fitoplàncton, ingereixen microfibres i microsferes en suspensió confonent-les amb aliment, ja que normalment hi ha restes orgàniques en suspensió de les quals es nodreixen (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

Així doncs, aquests éssers posteriorment són ingerits per altres organismes: peixos, mol·luscos, aus i mamífers de mides majors, amb la qual cosa els microplàstics es van acumulant en els seus aparells digestius fins que el seu organisme supera el límit de tolerància a la toxicitat d'aquests components, pel que moren i a poc a poc es redueix la biodiversitat (Nura Abbas, 2019, Ecología verde).

Els microplàstics de mides més grans i els mesoplàstics provoquen la mort per asfíxia o ennuegament en animals marins, incloses les aus, que els ingereixen sense adonar-se’n. Aquest fet és el causant que actualment, unes 700 espècies d'organismes marins, es vegin afectats per aquest tipus de

contaminació i que 100 mil animals marins morin per culpa dels plàstics cada any (Greenpeace, 2016).

3.1.2. Impactes en el Mediterrani

El Mar Mediterrani és un dels mars amb un percentatge més alt de microplàstics, arribant a concentrar en les seves aigües entre el 20% i el 54% de les partícules de microplàstics de tot el món. La variació d'aquest percentatge no es clara, ja que és una estimació i pot variar segons la regió analitzada (Fundació Aquae, 2019).

Cada dia els països que es troben al voltant del Mediterrani aboquen de manera descontrolada centenars de tones de residus plàstics al mar, dels quals un 95% són o acabaran sent microplàstics. Tot i que tots els països col·laboren en aquesta contaminació massiva, n'hi ha cinc que són els més contaminants. Al capdavant d'aquests cinc països trobem a Turquia, abocant 144 tones diàries. Espanya es posiciona en el segon lloc de la llista, contaminant diàriament el Mediterrani amb 126 tones de plàstic; en tercer lloc tenim a Itàlia amb 90 tones i en el quart a Egipte, que aboca 77 tones. Per últim trobem a França, abocant 66 tones d'aquest material al mar diàriament. A més, cal tenir en compte la resta de països que contribueixen en escampar aquests residus al mar, ja que si els ajuntem tots sumen un total de 23.000 tones de plàstic només a la superfície (Fundació Aquae, 2019).

Pel que fa a les espècies mediterrànies, hi ha 134 que es veuen greument afectades. Les que pateixen més els efectes són els peixos, seguits de les aus, els mamífers i les tortugues marines. De peixos hi ha 60 espècies en risc, d'aus 9, de mamífers 5 i de tortugues 3. La resta d'espècies són altres tipus d'animals o organismes marins també afectats per aquest tipus de contaminació però a menor escala (Fundació Aquae, 2019).

3.2. Impactes al medi terrestre

L’any 2018, els investigadors de l'Institut d'Ecologia d'Aigua Dolça i Pesca Interior de Leibniz i de la Universitat Lliure de Berlín, van analitzat l'impacte dels microplàstics en els sòls, sediments i aigües dolces, advertint que podrien tenir possibles efectes tòxics. (IGB, 2018)

Quan les partícules de plàstic es descomponen poden adherir-se a elles altres elements, com per exemple les pesticides que tirem als sòls de conreu. De manera similar, les superfícies dels petits fragments de plàstic poden allotjar organismes perillosos per a la salut de les plantes i les criatures que viuen en el sòl. (IGB, 2018)

3.3. Impactes als humans

Fins fa relativament poc, es desconeixien els impactes que tenien el conjunt de les diferents etapes del cicle del plàstic a la salut humana. Les investigacions associades als impactes del plàstic i els microplàstics sobre la salut humana fins ara s’havien centrat en moments concrets de la vida del plàstic. Individualment, cada etapa del cicle de vida del plàstic presenta riscos significatius per a la salut humana. Junts, aquests impactes esdevenen tòxics: el plàstic amenaça la salut humana a escala mundial (CIEL et al., 2019).

El passat 2019 es va fer un estudi que posava en comú les diferents investigacions realitzades pels centres CIEL, Earthworks, GAIA, HBBF, IPEN, TEJAS, UPSTREAM i la Universitat d’Exel, entorn els riscos de toxicitat que el plàstic suposa pel cos humà en cada una de les fases del cicle de vida del plàstic.
En aquest estudi es va demostrar que durant tots els períodes de la nostra vida, el plàstic imposa riscos per a la salut, degut tant a l'exposició a partícules de plàstic en si com a substàncies químiques associades.

A més, també es va aclarir que no només estem exposats al plàstic a través del consum d'aliments que han estat en contacte amb aigües o terres contaminades, tals com peixos i cultius, sinó que també hi ha altres vies d'exposició.
Segons si les partícules entren al nostre cos de manera directa o a través d'altres medis, parlarem d'exposició directa o ambiental (CIEL et al., 2019).

3.3.1. Exposició directa

L'exposició directa, tal com el seu nom indica, és la que es dóna quan els microplàstics o les substàncies químiques derivades d'aquests entren al nostre cos de manera directa. No hi ha cap medi entre el causant dels agents contaminants i nosaltres (CIEL et al., 2019).

Les partícules i substàncies tòxiques ens afecten en entrar en contacte amb la nostra pell, en inhalar-les, o en ingerir-les (CIEL et al., 2019).

Aquesta exposició pot provenir de la refinació i la fabricació de plàstic, de l'ús habitual de productes provinents d'aquest material o de la mala gestió de residus (CIEL et al., 2019).

Si prové de la refinació i la fabricació de plàstic els impactes per a la salut inclouen càncer, toxicitat neurològica i reproductora, baix pes en néixer i irritació dels ulls i la pell (CIEL et al., 2019).

En el cas que l'exposició sigui deguda al consum diari de productes d'origen plàstic, els afectes negatius que aquesta ens pot causar són: càncer, diabetis i toxicitat pel desenvolupament (CIEL et al., 2019).

Per últim, quan estem exposats a la mala gestió de residus, ens veiem perjudicats de manera que ens pot provocar danys neurològics i al sistema immune, reproductiu, nerviós i endocrí, a més de càncer (CIEL et al., 2019).

3.3.2. Exposició ambiental

L'exposició ambiental és la que arriba a nosaltres a través de diferents medis. Els medis que intervenen són les terres de cultiu, l'aire i les aigües dolces o oceàniques (CIEL et al., 2019).

En el cas d'aquest tipus d'exposició, només entren les partícules i substàncies al nostre cos via inhalació o ingestió, podent afectar el sistema cardiovascular, renal, gastrointestinal, neurològic, reproductiu i respiratori. Els impactes, per tant, inclouen càncer, diabetis, toxicitat neurològica i reproductiva i problemes pel desenvolupament (CIEL et al., 2019).

4. Les EDAR

Les estacions depuradores d'aigües residuals són, tal com el seu nom indica, plantes dedicades a la depuració d'aigües residuals. La seva funció bàsica és recollir les aigües d'una o diverses poblacions per tal de reduir la contaminació d'aquestes a través de certs tractaments i processos. Un cop finalitzada la purificació de les aigües, es retornen als medis aquàtics propers a les estacions (Marcos Santamarta et al.).

Dins dels tractaments emprats, existeixen els fisicoquímics i els biològics. En els fisicoquímics la depuració es produeix mitjançant l'addició de reactius químics a l'aigua per tal d'afavorir la decantació de sòlids en suspensió. En els tractaments biològics, en canvi, la depuració té lloc mitjançant microorganismes que actuen sobre la matèria orgànica i inorgànica en suspensió per tal de transformar-la en sòlids sedimentables més fàcils de separar. Segons sigui la tècnica emprada, les aigües que arriben a les EDAR seguiran unes etapes o unes altres (Marcos Santamarta et al.).

4.1. EDAR Palamós

En el cas de l'EDAR Palamós, la depuradora que aboca les seves aigües residuals a la platja de Castell, el tractament que s'usa és de tipus biològic i fisicoquímic. Les etapes que es diferencien són: el pretractament, el tractament primari, el tractament secundari i la decantació secundària.

Quan l'aigua arriba a la planta, passa un pretractament en el qual s'eliminen els sòlids més grans. Després és sotmesa al tractament primari, que consisteix en l'eliminació de sòlids en suspensió a partir del mètode anomenat decantador primari, on es fa servir la gravetat per sedimentar els sòlids. Un cop finalitzada aquesta etapa, la matèria orgànica de l'aigua residual és transformada en matèria cel·lular, gasos, energia i aigua a través de processos de cultiu. En aquest procés de transformació es genera un fang

que se separa de l'aigua mitjançant una segona decantació (Aigües CB, 2019).

4.2. Relació establerta amb els microplàstics

Tot i passar per diferents etapes i estar sotmeses a diversos tractaments, les aigües obtingudes de la depuració solen contenir microcontaminants que no poden ser captats pels dispositius i mètodes utilitzats. Gran part d'aquests microcontaminants són d'origen plàstic i provenen de la utilització quotidiana d'exfoliants o dentífrics amb contingut de microplàstics, els quals un cop utilitzats els productes, s'alliberen i viatgen pel clavegueram fins a arribar a les depuradores (Cori Calero, 2020, TV3).

A més, en les aigües tractades també trobem grans quantitats de nanoplàstics, unes partícules d'entre 1 i 1000 nm igual de tòxiques que els microplàstics. Aquestes provenen majoritàriament de les aigües utilitzades en les rentadores, ja que actualment la nostra roba està fabricada en major part de teixits sintètics que en sotmetre's al rentatge desprenen diminutes fibres (Cori Calero, 2020, TV3).

Un estudi pioner de la UB declara que en una sola rentada d'una llar estàndard es poden alliberar fins a 700000 microfibres.
Sabent que els europeus fem 36000 milions de rentadores l'any i que el 63% de la roba que es fabrica a tot el món és de fibres sintètiques; aquestes dades es converteixen en xifres alarmants considerant els impactes, ja esmentats en l'apartat de la problemàtica, que aquests plàstics tenen a les zones de desembocadura (Cori Calero, 2020, TV3).

5. El projecte Microplastic Watchers

El projecte del qual m’he guiat al llarg del meu treball ha estat el projecte Microplastic Watchers, de la plataforma de ciència ciutadana Observadors del Mar.

En un principi, aquest projecte es coneixia amb el nom de Plastic 0 i es basava en la cerca de plàstic a la sorra de platges amb alumnes de diferents centres catalans. Com que aquest projecte va anar creixent i evolucionant, va haver de mutar en un nou projecte, l’actual Microplastic Watchers, amb les mateixes bases i en el qual se segueix unint la recerca científica, l'aprenentatge i la conscienciació (CEAB, 2019).

L’objectiu principal del projecte, liderat pel Centre d’Estudis Avançats de Blanes amb col·laboració de l'Institut de Ciències del Mar, és, per una banda, diagnosticar la presència, quantitat i tipus de plàstic de mida petita que trobem a les platges i, per l’altra banda, provocar la reflexió i conscienciació dels i les alumnes sobre l'ús que fan dels plàstics i els canvis que hem de fer en la nostra manera d’utilitzar-los (CEAB, 2019).

Des de la primera prova pilot a una escola de Badalona el 2016, el projecte s'ha anat expandint, sumant noves col·laboracions amb entitats d'educació ambiental i centres educatius de manera que s'hi han involucrat més de 2000 alumnes de diversos municipis de la costa catalana i balear (CEAB, 2019).

6. El mostreig i l’anàlisi

Per estudiar la presència i acumulació de plàstics a les dues platges, he seguit les instruccions del protocol de mostreig i anàlisi de la plataforma Observadors del Mar, juntament amb els consells que el Sr. Luis Ruiz Orejón em va donar en la citació al CEAB.

6.1. Metodologia emprada en el mostreig

En primer lloc, vaig delimitar l'àrea de mostreig, la qual ha d'anar des de la línia d'aigua fins a la part superior de la platja, és a dir, l'inici de la vegetació en el cas de Castell (figura 11) i l'inici del passeig marítim en el cas de Sant Antoni (figura 10). Aquesta zona ha estat en tots els mostrejos la mateixa, per la qual cosa en el primer mostreig vaig tenir en compte les coordenades, per així saber el lloc exacte que havia de mostrejar en les ocasions posteriors.

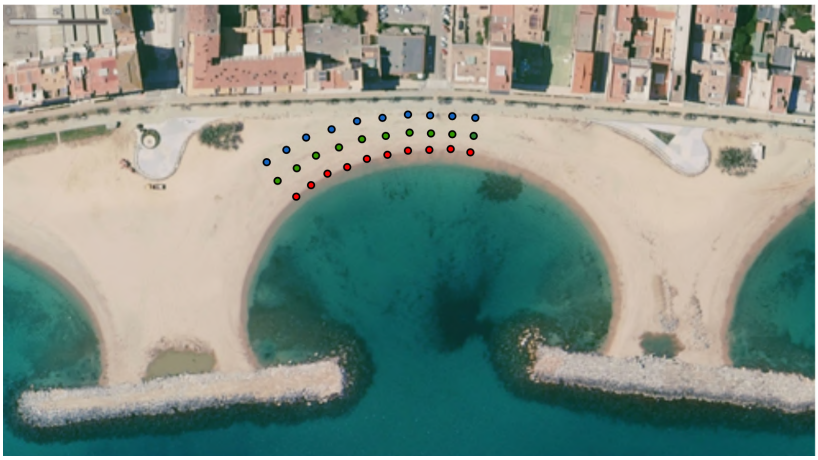

Figura 10: Àrea de mostreig a Sant Antoni, on els punts vermells són les parcel·les A, els verds les B i els blaus les C.

Figura 11: Àrea de mostreig a Castell, on els punts vermells són les parcel·les A, els verds les B i els blaus les C.

La zona delimitada no es mostreja tota, sinó que es fan parcel·les de mostreig disposades de 10 en 10 en diferents punts de la regió de la platja que desitgem mostrejar. En el meu cas, vaig fer la següent distribució:

- 10 parcel·les que mostrejaven la línia de marea alta, les anomenades parcel·les A.

- 10 parcel·les que mostrejaven el centre de la platja, formant una línia entre les parcel·les A i les parcel·les C, anomenades parcel·les B.

- 10 parcel·les que mostrejaven la part superior o final de la platja, les anomenades parcel·les C.

Per tant, en cada platja mostrejava un total de 30 parcel·les.

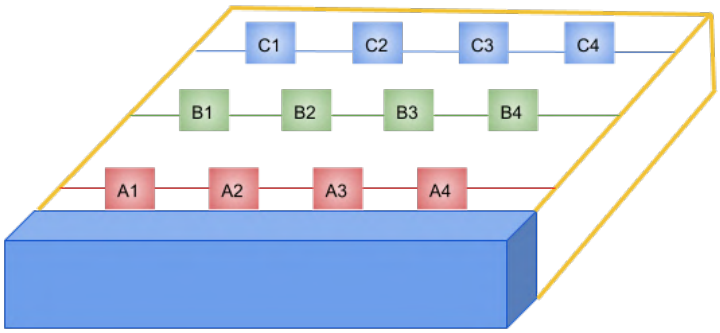

Figura 12: Exemplificació de la distribució de les parcel·les de 4 en 4 i no de 10 en 10.

Entre parcel·la i parcel·la del mateix tipus es recomana deixar una distància d'entre 5 i 10 metres, per tant, vaig deixar un espai de 10 metres en les dues platges. En canvi entre una línia de parcel·les i una altra l'espai que s'ha de deixar és relatiu a la platja. En el meu cas, com que les dimensions de la platja de Castell són majors que les de la platja de Sant Antoni, vaig haver de deixar més espai entre les parcel·les de tipus diferent en la platja de Castell per tal d'arribar a la part final de la platja.

Com que les parcel·les han de ser de 50x50 cm, els dies de mostreig mesurava una per una l'àrea dels requadres amb una cinta mètrica i feia una marca per guiar-me a l'hora de recollir la mostra.

Les parcel·les de tipus A, a més, s'han de delimitar de tal manera que la línia alta de marea quedi al mig del quadrat (figura 13), ja que així ens assegurem que recollim tots els dipòsits que l'aigua ha deixat.

Figura 13: Delimitació d'una parcel·la de tipus A.

Un cop feta la marca d'una parcel·la, recollia la capa superficial de sorra, seguint el seu relleu i de tal manera que el gruix de sorra recollida no superés els 2 cm. Seguidament introduïa la mostra al recipient corresponent de la parcel·la mostrejada i repetia aquest procés amb la resta de parcel·les.

6.2. Variables controlades durant el mostreig

Com especifico a la introducció, el que pretenc trobar fent el mostreig és si realment les depuradores tenen una influència en la quantitat de microplàstics trobats a les zones properes a la desembocadura de les seves aigües residuals o no. Per tant, és clar que la variable independent d'aquest experiment és la presència o absència d'un emissari submarí provinent d'una depuradora en les platges mostrejades; mentre que la variable dependent és la quantitat en pes de microplàstics i mesoplàstics trobats en ambdues platges.

Tot i que aquestes dues variables són clares, he hagut de tenir en compte un seguit de factors que podrien haver alterat el resultat obtingut. Alguns d'aquests factors són:

- Els temporals: en el cas de temporal i seguint les indicacions dels experts del CEAB, intentava diferenciar correctament la línia de temporal de la línia de marea alta abans de començar el mostreig, ja que si mostrejava la línia de temporal, el més segur és que hagués acabat trobant més microplàstics dels que hauria obtingut mostrejant la línia de marea alta. A més, en el cas del temporal Glòria, no vaig mostrejar les següents setmanes al fenomen, ja que va ser un temporal de majors dimensions i podria haver alterat fins i tot els resultats obtinguts fent un mostreig a la línia correcta.

- Els horaris: per assegurar-me que en les dues platges es donaven les condicions més semblants possibles, feia el mostreig el mateix dia i en el marge d'una hora. Primer recollia les mostres de la platja de Castell i

seguidament anava a la platja de Sant Antoni de Calonge per recollir les mostres en aquella platja.

- La presència de gent a les platges: els dies de mostreig, intentava anar com més aviat millor a les platges per tal que ningú ni res hagués pogut contaminar prèviament la zona de mostreig. Fent això reduïa la possibilitat que els microplàstics quedessin enfonsats en capes de sorra inferiors i evitava també la presència de residus abocats directament a la sorra de la platja.

6.3. Metodologia emprada en l'anàlisi de les mostres

Per analitzar les mostres vaig seguir la mateixa tècnica a les dues platges i en totes les sessions, establint un ordre per evitar la contaminació entre mostres de platges o parcel·les diferents.

Primer, abocava una part de la mostra sobre una safata, aproximadament la meitat de la sorra que havia guardat prèviament en els recipients. Abocant petites quantitats i no tot de cop, m'assegurava de trobar amb més facilitat tots els micro i mesoplàstics continguts en la mostra.

Figura 14: Anàlisi de les mostres

Disposada ja la mostra sobre la safata, procedia a examinar d'un extrem a un altre la mostra fent moviments en zig-zag per tal de no deixar-me zones sense analitzar. Amb una pinça extreia tot el que no fos sorra i ho dipositava sobre un paper.

En el cas que els fragments no fossin de plàstic, els retirava de la resta de fragments obtinguts.

Un cop acabat el rastreig d'una parcel·la, buidava la safata i tornava a afegir una capa de sorra d'una altra parcel·la, repetint el procés amb totes les mostres.

Finalment, col·locava els fragments totals extrets d'una platja sobre un recipient prèviament tarat i anotava el resultat. Tot seguit feia el mateix amb els micro i mesoplàstics de l'altra platja.

6.4. Metodologia emprada en l’anàlisi de l’aigua residual

La mostra de l'aigua residual del cicle de depuració de l'EDAR Palamós la vaig analitzar mitjançant el procés de filtració per gravetat, amb una malla de cotó com a filtre. D'aquesta manera, si hi havia alguna partícula sòlida en la mostra, quedaria separada de l'aigua.

En el cas de trobar microplàstics, de la mateixa manera que amb les mostres anteriors, els dipositava sobre un paper. Aquests, però, no els havia de pesar, sinó que els havia de comparar pel que fa a mida i forma amb la resta de microplàstics trobats a la platja de Castell.

7. Resultats i consideracions

7.1. Resultats obtinguts

Durant el temps de mostreig i anàlisi de les mostres, els resultats que anava obtenint coincidien amb la meva hipòtesi: la platja amb depuradora sempre tenia una quantitat en pes major de microplàstics que no pas la platja en la qual no s'abocaven aigües residuals.

	Platja de Castell de Palamós (g)	**Platja de Sant Antoni de Calonge (g)**
24/02/2020	9’8	6’3
1/03/2020	10’2	7
15/07/2020	10	5’6
5/08/2020	9’4	8’1
19/08/2020	8’7	6
2/09/2020	10’3	6’8
26/09/2020	9	7’2

Figura 15: Resultats obtinguts en les diferents sessions de mostreig

Fent els càlculs corresponents, vaig arribar a la conclusió que a la platja de Castell la presència de microplàstics és un 43,28% major respecte a la platja de Sant Antoni de Calonge.

Partint d'aquests resultats, podria haver pensat que la presència d'una depuradora que desemboca les seves aigües residuals a una platja, té relació amb els microplàstics que trobem en aquesta i que, per tant, realment sí que s'estableix una relació directa entre les depuradores i els microplàstics.

Ara bé, un cop vaig analitzar la mostra que la mateixa entitat em va proporcionar, vaig poder observar que en aquestes no hi havia presència de microplàstics o, almenys, de la mateixa mida que els que jo vaig trobar a la platja de Castell.

Aquest fet em va portar a pensar que realment no existia cap mena de contaminació plàstica per part de les depuradores al medi marí, però gràcies al coneixement adquirit mitjançant la recerca d'informació pel marc teòric del meu treball, vaig poder deduir que sí que existeix aquesta contaminació, però no per part dels microplàstics, sinó per part d'unes partícules encara més petites, els nanoplàstics.

Figura 16: Resultat de l'anàlisi de l'aigua residual de l'EDAR Palamós.

Ara, el que em faltava esbrinar era per què, si la depuradora no té cap mena d'influència en la presència de microplàstics que trobem en una platja, vaig obtenir més micro i mesoplàstics a la platja de Castell que a la de Sant Antoni en totes les sessions de mostreig.

7.2. Consideracions

Tot i que a l'hora de fer el mostreig vaig intentar controlar totes les variables que em fossin possibles, no vaig tenir en compte una sèrie de factors que no depenien únicament de mi ni de com jo realitzés la recollida, sinó de la platja. És a dir, no vaig fer un estudi adequat de les platges triades abans de començar el mostreig.

D'aquest fet me'n vaig adonar un cop vaig tenir els resultats, a través d'uns càlculs relacionats amb l'obertura de les dues platges. El que vaig fer en aquests càlculs va ser dividir el pes mitjà de microplàstics de les dues platges per l'amplada de l'obertura de les platges respectives, per així arribar a saber

la quantitat de microplàstics que entren per cada metre d'obertura a cada platja.

El que vaig obtenir fent aquestes operacions era contradictori als resultats anteriors: a la platja de Sant Antoni entraven més microplàstics per metre d'obertura que a la platja de Castell, exactament, un 62'2% més.

Gràcies a aquestes dades, vaig arribar a la conclusió que un dels factors més importants i que no havia observat era l'obertura de les platges, ja que tot i que a la platja de Castell entren menys microplàstics per cada metre d'obertura, la quantitat total de microplàstics que arriba a la platja és molt major a causa del fet que l'obertura també és molt més gran.

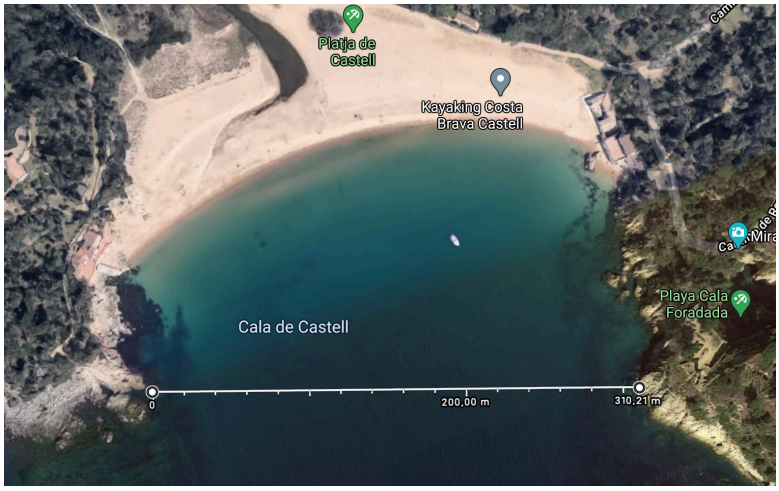

Figura 17: Amplada de l'obertura de la platja de Castell; 310,2 m

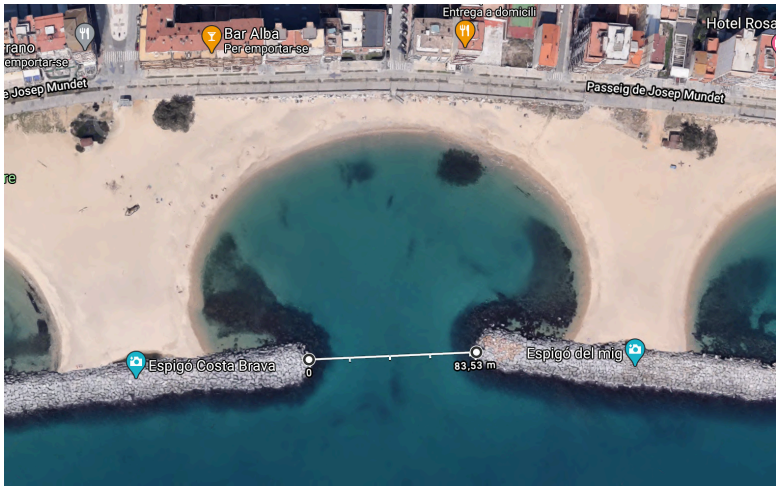

Figura 18: Amplada de l'obertura de la platja de Sant Antoni; 83,53 m

Per altra banda, em vaig ajudar del llibre de 2n de batxillerat de Ciències de la Terra i del Medi Ambient Castellnou, per tal de comprendre millor el funcionament de la dinàmica litoral i com aquesta condiciona l'arribada de sediments a les platges.

A més, també vaig intentar trobar els diferents factors que han pogut condicionar la presència d'una major quantitat de microplàstics a la platja de Castell basant-me en la deriva litoral.

Fent aquesta recerca vaig adquirir els coneixements necessaris per entendre que la presència d'estructures de defensa costanera o ports a prop d'una platja condiciona notablement l'arribada de sediments a aquesta, ja que les ones hi col·lideixen i els sediments que aquestes arrosseguen queden retinguts, dificultant així la dispersió de tota mena de sòlids.

Per tal de saber si les platges mostrejades es veien afectades per aquest factor antropogènic, vaig usar mapes digitals en els quals es pogués distingir qualsevol classe d'infraestructura.

Figura 19: Vista d'ocell de la zona de Palamós, amb Castell a la dreta i Sant Antoni a l'esquerra. S'aprecia la presència d'un port entre les dues platges.

Partint d’aquesta imatge, vaig veure que l’arribada de microplàstics a la platja de Sant Antoni no està únicament condicionada per tenir una obertura petita, sinó que també ho està per la presència de dics i un port pròxim. També vaig poder deduir a través del mapa que encara que els dics redueixen sempre la concentració de sediments que entren a la platja de Sant Antoni, no passa el mateix amb el port. El fet que s’acumulin els sediments a un costat o a un altre de la infraestructura portuària ve determinat per la direcció de les corrents marines i, per tant, només si aquestes circulen de nord cap a sud, la quantitat de microplàstics que trobem a la platja de Sant Antoni es veurà reduïda pel port.

Conclusions

Un cop finalitzat el meu treball de recerca, he pogut concloure que les depuradores no determinen la presència de microplàstics en una platja i que, per tant, la meva hipòtesi inicial no era correcta.

He pogut assolir tots els objectius que em vaig marcar per dur a terme el treball: he conegut tots els aspectes importants relacionats amb els microplàstics, els quals molts d'ells desconeixia; he après més sobre el funcionament de les depuradores i el motiu pel qual arriben diàriament partícules plàstiques a les plantes; he dedicat un apartat del meu treball al projecte Microplastic Watchers per tal de retratar la iniciativa i el tipus d'activitats que proposen.
També he mostrejat les dues platges, tot i que no amb la regularitat que m'hagués agradat, ja que ha sigut un any ple d'incerteses que m'han impedit portar una organització com la que em vaig proposar en la introducció. Aquestes mostres les he analitzat i les he comparat amb els productes resultants de la filtració d'una mostra d'aigua residual de l'EDAR Palamós; és aquí quan vaig veure que la meva hipòtesi estava equivocada, ja que com mostro en l'apartat 7.1., no vaig obtenir microplàstics en les aigües residuals.

Gràcies als nous coneixements i l'anàlisi de les mostres, puc deduir que tot i que no s'estableix una relació entre els microplàstics que trobem en una platja i les aigües residuals que s'hi aboquen, la presència de nanoplàstics a les platges sí que està lligada amb les depuradores. Puc afirmar, a més, que tot i que l'anàlisi que vaig fer de les aigües residuals va constatar que els microplàstics trobats a la platja de Castell no procedien de l'EDAR Palamós, la presència de microplàstics en una platja si que està fortament lligada a la situació geològica d'aquesta. Jo, per exemple, he obtingut més microplàstics a Castell a causa de l'obertura de la platja, la qual és de major mida que la de Sant Antoni de Calonge. Una altra possible causa per la qual he trobat més micro i mesoplàstics a Castell és la de la proximitat d'un port a la platja de

Sant Antoni, el qual reté els sediments i impedeix l'arribada de part dels microplàstics a la platja.

Per tant, el que hauria de fer és plantejar i desenvolupar una nova hipòtesi: a les platges on desemboca una depuradora la presència de nanoplàstics és major.

Està clar, doncs, que podria seguir ampliant aquest treball si disposés de més temps i dels recursos necessaris per estudiar la presència de nanoplàstics a les platges, ja que segurament necessitaria material més específic pel fet que els nanoplàstics són inferiors en mida als microplàstics i per tant, són més difícil de detectar.
De la mateixa manera, podria tornar a realitzar l'estudi que he dut a terme, però amb platges que presentin condicions similars, per així veure si la quantitat de microplàstics en les dues platges és semblant o continua havent-hi un percentatge major a la platja amb depuradora.

Respecte a la part més pràctica del treball, el que m'ha semblat més difícil ha estat portar un control de totes les variables, ja que sempre hi havia alguna variable que, encara que intentés controlar, no depenia de mi.
A més, hi ha molts factors que s'han de tenir en compte per obtenir uns resultats precisos. En el meu cas, tal com esmento a l'apartat 7.2., hi ha factors que no vaig considerar abans de començar el mostreig i que segurament han estat els causants de què hagi obtingut una quantitat major de microplàstics a Castell que a Sant Antoni.

El que tinc clar, però, és que si tornés a fer el mateix estudi tenint presents els factors que no he tingut en compte, em tornarien a aparèixer nous factors que seguirien condicionant els resultats. Tot i que això al principi em va costar d'entendre i em vaig frustrar pel fet de no haver-me'n adonat abans, m'ha ajudat a entendre que és gràcies a aquests factors que no contemplem des

de bon principi que podem avançar amb la investigació i disminuir el marge d'error a cada intent.

Agraïments

En primer lloc, vull donar les gràcies als dos professors del centre Frederic Martí i Carreras que han tutoritzat el meu treball.
A la Maria Sàbat, per guiar-me i ajudar-me a definir l'enfocament que vaig voler donar al meu treball i a l'Albert Ramos, per animar-me quan els resultats que vaig obtenir no coincidien amb la meva hipòtesi inicial i per fer-me entendre que, un resultat, encara que no sigui l'esperat, és un resultat vàlid, el qual ens pot ajudar a trobar els errors comesos per tal de no tornar-los a cometre en els pròxims estudis.

També vull donar les gràcies a la Montse Lardín, la meva professora de Ciències de la Terra i del Medi Ambient, qui m'ha ajudat a trobar els possibles factors que han condicionat el meu resultat, proporcionant-me informació relacionada amb la dinàmica i la deriva litoral.

Agraeixo al Sr. Luis Ruiz Orejón que m'acollís al CEAB; de la mateixa manera que li estic agraïda per haver-me introduït al món del mostreig i l'anàlisi dels microplàstics.

Per altra banda, agrair al Sr. Joan Matés per haver-me facilitat la mostra de l'aigua residual de l'EDAR Palamós.

Finalment, agraeixo a la meva mare la seva disposició per portar-me els dies de mostreig a les platges i pel suport donat.

Bibliografia

Webgrafia:

- *An underestimated threat: land-based pollution with microplastics.* 2018. IGB. (25/5/2020)

Disponible a: *https://www.igb-berlin.de/en/news/underestimated-threat-land-based-pollution-microplastics*

- *Cómo llega el plástico a los océanos y que sucede entonces?* 2016. Greenpeace. (28/2/2020)

Disponible a: *https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/*

- *EDAR Palamós.* 2019. Aigües de la Costa Brava. (30/5/2020)

Disponible a: *http://www.aiguescb.com/web/edar-palamos.html*

- *Entre el 20% y el 54% de las partículas de microplásticos del mundo están en el Mediterráneo.* 2019. Fundació Aquae. (28/2/2020)

Disponible a: *https://www.iagua.es/noticias/fundacion-aquae/20-y-54-particulas-microplasticos-mundo-estan-mediterraneo*

- *Microplásticos, problema ambiental de primer orden.* 2018. Aclima. (10/1/2020)

Disponible a: *https://aclima.eus/microplasticos-problema-ambiental-de-primer-orden/*

- *Microplásticos ¿Qué son? ¿Qué productos los contienen?* 2019. Ambar. (10/1/2020)

Disponible a: https://ambarplus.com/microplasticos/ç

- Marcos Santamarta Calleja, Marcos Beahín Vázquez, Lara Rodríguez Pena, Marta Alonso Corral. *Estación Depuradora de Aguas Residuales* (30/5/2020)

- *Nou projecte Microplastic watchers.* 2019. CEAB. (24/2/2020)

Disponible a: *http://www.ceab.csic.es/nou-projecte-microplastic-watchers/*

- *Qué son los microplásticos: definición y tipos.* Nura Abbas*.* 2019. Ecología Verde. (10/1/2020)

Disponible a: *https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-microplasticos-definicion-y-tipos-1543.html*

Llibres:

- Mª Dolors Bonafeu, Marcel Costa, Montserrat Estrada, Marc Ferrer i Eulàlia Roger. *Ciències de la Terra i del medi ambient 2.* Barcelona. Castellnou, 2018.

Notícies:

- Autor no especificat. 2019. *¿Qué son los microplásticos y qué medidas se pueden adoptar para reducirlos?* Notícia digital. RTVE. (10/1/2020)

- Cori Calero. 19/04/2019 a les 20:35 hores. *Molts microplàstics que s'acumulen al fons del mar provenen de la nostra rentadora.* Telenotícies. Barcelona. TV3. (28/2/2020)

Informes:

- CEDEX. *Estudio sobre cuantificación de fuentes de microplásticos e identificación de posibles medidas para su reducción en la fuente.* (28/2/2020)

Disponible a: https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/Proteccion-del-medio-marino/fuentesmicroplasticos_informecepyc_tcm30-169519.pdf

- CIEL, Earthworks, GAIA, HBBF, IPEN, TEJAS, UPSTREAM i Universitat d'Exel. 2019. *Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet.* (25/5/2020)

Disponible a: https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf

- Dr. Chris Sherrington. Eunomia. 2016. *Plastics in the Marine Environment.* (28/2/2020)

Disponible a: https://www.eunomia.co.uk/reports-tools/plastics-in-the-marine-environment/

- Observadors del Mar-Microplastic watchers. 2019. *Protocol de Mostreig i Anàlisi.* (22/12/2019)

Imatges:

- Figura 1: Font pròpia
- Figura 2: Font pròpia
- Figura 3: Font pròpia
- Figura 4: Font pròpia
- Figura 5: Font pròpia
- Figura 6: Font pròpia
- Figura 7: Font pròpia
- Figura 8: Font pròpia
- Figura 9: Font pròpia
- Figura 10: Mapa digital. Copyright © 2012-2018 Apple Inc. Editat amb Geogebra.
- Figura 11: Mapa digital. Copyright © 2012-2018 Apple Inc. Editat amb Geogrebra.
- Figura 13: Font pròpia
- Figura 14: Font pròpia
- Figura 16: Font pròpia
- Figura 17: Google Maps.
- Figura 18: Google Maps
- Figura 19: Mapa digital. Copyright © 2012-2018 Apple Inc.