



Treball de Recerca de Batxillerat

LA MAR DE PLÀSTIC

Estudi de l'impacte dels plàstics a la costa catalana

Autors: Guillem Cuadrada Massanet i Míriam Longás Bosch

Tutora: Clàudia Ruiz Roig

Centre: Jesuïtes de Gràcia - Col·legi Kostka

Any: 2018-2019

AGRAÏMENTS

Volem transmetre els més sincers agraïments a totes aquestes persones que han fet possible el treball: a Clàudia Ruiz Roig, tutora del treball, per la orientació i l'acompanyament durant la recerca; Roser Bosch Mestres, professora d'Institut de l'àrea de Ciències, per guiar-nos a l'hora de fer la investigació i llegir i rellegir el treball incansablement; Marta Coca, biòloga del Departament d'Educació del Centre de Recuperació d'Animals Marins, per haver mostrat molt interès i per l'assessorament bibliogràfic; Cristina Puig, biòloga i educadora ambiental, per implicar-se en la nostra recerca i introduir-nos a Plàstic 0; Luis Francisco Orejón, per dedicar-nos una gran quantitat de temps, per la seva gran disponibilitat i pel seu imprescindible assessorament en l'anàlisi estadística; Francesc Xavier Camps Bilbeny, pel seu generós temps i haver accedit a ajudar-nos amb la part d'experimentació amb zooplàncton.

© Míriam Longás i Guillem Cuadrada
Treball de Recerca Batxillerat – Curs 2018-19
Jesuïtes Gràcia- Kostka / Barcelona

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	10
1.1. MOTIVACIÓ	10
1.2. HIPÒTESIS	11
1.3. OBJECTIUS	12
1.3.1. Objectius generals	12
1.3.2. Objectius específics	12
1.4. METODOLOGIA	12
2. MARC TEÒRIC	14
2.1. VISIÓ GLOBAL DEL MEDITERRANI	14
2.1.1. Característiques generals del Mediterrani	14
2.1.2. Hidrografia i circulació general del Mediterrani	15
2.1.3. Funcionament de l'ecosistema del Mediterrani	15
2.2. ELS PLÀSTICS	17
2.2.1. Història dels plàstics	17
2.2.2. Propietats generals	18
2.2.3. Obtenció de plàstics	18
2.2.4. Tipus de plàstics	19
2.2.5. Plàstics i additius	24
2.2.6. Els plàstics al món	24
2.3. PROBLEMÀTICA ECOLÒGICA DELS PLÀSTICS AL MAR	29
2.3.1. Problemàtica dels macroplàstics	28
2.3.2. Problemàtica dels microplàstics	32
2.3.3. Estat de la qüestió en el mar Mediterrani	34
2.3.4. La necessitat de buscar solucions	35
2.4. BIOLOGIA DELS PRINCIPALS ORGANISMES ESTUDIATS	39
2.4.1. Tortuga Careta	39
2.4.2. Artèmia Salina	40
3. TREBALL DE CAMP	42
3.1. IMPACTE PRESENCIAL DE MICROPLÀSTICS I MESOPLÀSTICS A LA COSTA CATALANA	42
3.1.1. Introducció	42
3.1.2. Hipòtesis	42
3.1.3. Objectius	42
3.1.4. Metodologia	43
3.1.5. Resultats	47

3.1.6. Anàlisi i discussió dels resultats	51
3.1.7. Conclusions	71
3.2. IMPACTE DE MICROPLÀSTICS SOBRE ELS INVERTEBRATS MARINS	73
3.2.1. Introducció	73
3.2.2. Hipòtesis	73
3.2.3. Objectius	74
3.2.4. Metodologia	75
3.2.5. Resultats	81
3.2.6. Anàlisi i discussió dels resultats	83
3.2.7. Conclusions	83
3.3. IMPACTE DE MACROPLÀSTICS SOBRE ELS VERTEBRATS MARINS	84
3.3.1. Introducció	84
3.3.2. Hipòtesis	84
3.3.3. Objectius	84
3.3.4. Metodologia	85
3.3.5. Resultats	85
3.3.6. Anàlisi i discussió dels resultats	87
3.3.7. Conclusions	91
4. CONCLUSIONS GENERALS	93
5. BIBLIOGRAFIA	96

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1: Estadístiques del mar Mediterrani	14
Figura 2: Biomagnificació	16
Figura 3: Microplàstics primaris de tipus pel·lets	20
Figura 4: Microplàstics secundaris de tipus fragments rígids	20
Figura 5: Mesoplàstics de tipus fragments rígids	21
Figura 6: Macroplàstics de tipus rígids, fibres i laminats	21
Figura 7: Plàstics convencionals	22
Figura 8: Distribució dels plàstics en els oceans	28
Figura 9: Distribució dels microplàstics en conques aquàtiques	28
Figura 10: Tortuga enredada	30
Figura 11: Circulació de microplàstics a través de la xarxa tròfica	33
Figura 12: Tortuga Careta	40
Figura 13: Artèmia Salina creixent i en estat adult	41
Figura 14: Fases del procés d'obtenció de nauplis	75
Figura 15: Fases del procés d'obtenció de cultiu mare	77
Figura 16: Material protocol obtenció de microplàstics	78
Figura 17: Procediment obtenció de microplàstics.	79
Figura 18: Procediment per a la incorporació de microplàstics a la ingesta d' <i>Artemia salina</i>	81
Figura 19: Fotografia d' <i>Artemia salina</i> a 100 augments.	82
Figura 20: Fotografia d' <i>Artemia salina</i> a 100 augments.	82

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1: Recompte de plàstics en partícules/m ² a la platja de la Barceloneta	47
Taula 2: Concentració de plàstic en g/m ² a la platja de la Barceloneta	49
Taula 3: Concentració de plàstic en partícules/m ²	49
Taula 4: Concentració de plàstics en partícules/0'25m ² a la platja de Blanes	50
Taula 5: Concentracions de plàstics en partícules/m ² a la platja de Blanes	50
Taula 6: Prova de Ratxes per a determinar si les dades de microplàstics de la Barceloneta són aleatòries	53
Taula 7: Prova de Kolmogorov-Smirnov per a determinar si les dades de microplàstics de la Barceloneta són normals	53
Taula 8: Prova de Ratxes per a determinar si les dades de mesoplàstics de la Barceloneta són aleatòries.	53
Taula 9: Prova de Kolmogorov-Smirnov per a determinar si les dades de mesoplàstics de la Barceloneta són normals	54
Taula 10: Resultats Prova kruskal-Wallis per a determinar si hi ha diferències significatives entre les mitjanes mensuals de microplàstics	56
Taula 11: Resultats Prova Kruskal-Wallis per a determinar si hi ha diferències significatives entre les mitjanes mensuals de mesoplàstics	58
Taula 12: Resum dels Pvalor en la provs U de Mann-Whitney per a la comparació de concentracions dels diferents tipus de microplàstics al llarg dels mesos	62
Taula 13: Resultats prova U de Mann-Whitney comparació rígids	63
Taula 14: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de les concentracions dels diferents tipus de mesoplàstics al llarg dels mesos	64
Taula 15: Resultats prova U de Mann-Whitney comparació rígids	65
Taula 16: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de microplàstics al mes de febrer a les platges de la Barceloneta i de Blanes	66
Taula 17: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de microplàstics al maig a les platges de la Barceloneta i de Blanes	66

Taula 18: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de mesoplàstics al mes de febrer a les platges de la Barceloneta i de Blanes	67
Taula 19: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de mesoplàstics al mes de maig a les platges de la Barceloneta i de Blanes	68
Taula 20: Turisme a la Costa Brava i a Barcelona	69
Taula 21: Concentracions mitjanes de micro i mesoplàstics a Blanes i a la Barceloneta	69
Taula 22: Correlació plàstics i turisme	70
Taula 23: Rescats de tortuga Careta per part del CRAM des de l'any 1994.	86
Taula 24: Rescats de la tortuga Careta on s'hi ha enregistrat plàstic com a causa	87

ÍNDEX DE GRÀFICS

Gràfic 1: Percentatges dels tipus de microplàstics (mitjana de tots els mesos) trobats a la Barceloneta	51
Gràfic 2: Percentatges dels tipus de mesoplàstics (mitjana de tots els mesos) trobats a la Barceloneta	52
Gràfic 3: Concentracions de partícules/m ² dels diferents tipus de microplàstics al llarg dels mesos	55
Gràfic 4: Concentracions de partícules/m ² dels diferents tipus de mesoplàstics al llarg dels mesos	57
Gràfic 5: Evolució de les concentracions de partícules/m ² de microplàstics i de mesoplàstics al llarg dels mesos	59
Gràfic 6: Composició dels tipus de microplàstics de tots els mesos estudiats	60
Gràfic 7: Composició dels tipus de mesoplàstics de tots els mesos estudiats	61
Gràfic 8: Concentració fragments rígids per m ² al llarg dels mesos estudiats	63
Gràfic 9: Concentració fragments rígids per m ² al llarg dels mesos estudiats	65
Gràfic 10: Correlació concentració microplàstics i turisme	70
Gràfic 11: Correlació concentració mesoplàstics i turisme	71
Gràfic 12: Relació del plàstic amb altres patologies	88
Gràfic 13: Correlació plàstic i síndrome de descompressió	89
Gràfic 14: Correlació plàstic i fractura	89
Gràfic 15: Correlació plàstic i ferida	89
Gràfic 16: Correlació plàstic i problema flotació	90
Gràfic 17: Correlació plàstic i ofegament	90
Gràfic 18: Correlació plàstic i infecció	91

“ No podem ignorar la Terra que ens rodeja, que ens alimenta, que ens protegeix; a on animals, plantes, aire, aigua... tots són importants per nosaltres.

Quan la naturalesa pateix, nosaltres patim. Quan la naturalesa prospera, tots nosaltres prosperem.

Realment crec en la possibilitat d'un món en el qual puguem viure en harmonia amb la natura, però només si cadascú assumeix la seva part per fer-ho realitat, de manera que quan mirem enrere i recorrem el nostre recorregut, la nostra vida, cadascú pugui dir sincerament: He marcat una diferència. ”

Jane Goodall (2016)
biòloga i activista mediambiental

1. INTRODUCCIÓ

1.1. MOTIVACIÓ

El plàstic ha inundat la nostra vida diària. En tan sols unes dècades ha passat a ser omnipresent en tota mena d'objectes i materials per les seves característiques (flexibilitat, durabilitat i lleugeresa) i pel seu baix preu; i en aquests moments d'inici de segle, un dels problemes més greus que té la humanitat és la contaminació ambiental per residus plàstics, la majoria dels quals no són biodegradables i perduren molts segles. Un exemple és el cas de les palletes pels refrescs que al cap d'uns pocs minuts d'ús ja esdevenen residus i poden trigar fins a 500 anys en descomposar-se. A Espanya en consumeixen uns 13 milions al dia, convertint-se així en el país d'Europa que més palletes d'un sol ús consumeix.

Paral·lelament al creixement en la seva producció, la quantitat de residus de plàstic s'ha incrementat de forma dramàtica. Com a conseqüència d'una mala gestió dels residus o del seu abandonament, unes 8 milions de tones de plàstics acaben en els mars i oceans anualment, formant el 60-80% de les escombraries marines, majoritàriament en forma de microplàstics (fragments inferiors a 5 mm). Es desconeix la quantitat exacta de plàstics en els mars però s'estimen uns 5-50 bilions de fragments de plàstic, sense incloure els trossos que hi ha al fons marí o a les platges. És un problema global que està augmentant de forma alarmant.

Per aquest motiu, són molts els estudis que s'estan portant a terme en els darrers anys sobre aquesta problemàtica ambiental. Nosaltres, moguts pel desig d'afrontar els problemes rellevants del nostre món global i per una gran passió pel medi natural, especialment pel mar, volem centrar el nostre treball de recerca de batxillerat en estudiar l'impacte dels plàstics a la nostra costa i conèixer amb detall i de primera mà aquesta situació.

Un aspecte en el qual volem centrar-nos és en la problemàtica dels microplàstics, dels quals se'n parla des de fa relativament poc i cada vegada són més presents en els productes de la vida quotidiana. Així doncs, comprovarem la presència d'aquests a les platges i investigarem si les partícules presents a l'aigua s'incorporen en el cos dels microorganismes, entrant així a la xarxa tròfica dels organismes marins. Finalment, també volem estudiar un impacte més visible dels plàstics, com ara els efectes dels macroplàstics sobre els vertebrats marins i les afectacions que se'n deriven.

1.2 HIPÒTESIS

La pregunta “Quin impacte tenen els plàstics sobre els animals marins i les costes catalanes?” centra el propòsit de la nostra investigació. Aquesta ens condueix a formular la nostra hipòtesi general: Els residus plàstics són presents a les nostres costes i tenen un impacte negatiu sobre els animals marins.

Aquesta hipòtesi general l'abordarem des de 3 aspectes: 1) la presència de microplàstics i de mesoplàstics a la sorra de les platges (deixant de banda en aquest cas els macroplàstics que són fàcilment apreciables i regularment retirats pels serveis de neteja); 2) la incorporació dels microplàstics de l'aigua en la xarxa tròfica a través del zooplàncton; i 3) els efectes dels macroplàstics sobre els vertebrats marins.

En concret, posarem a prova cadascuna de les següents hipòtesis particulars:

1) En relació a la presència de micro i mesoplàstics a la platja:

h1: “La presència de micro i mesoplàstics està en augment a les costes catalanes”.

h2: “La composició de micro i mesoplàstics a la platja varia al llarg dels mesos de l'any”

h3: “Les poblacions costaneres amb un major nombre d'habitants tenen en la seva platja una major concentració de micro i mesoplàstics a la sorra, i presenten diferències en la seva composició i distribució.”

h4: “Existeix una correlació entre l'afluència de turisme i la concentració de plàstics a les platges de les poblacions costaneres”.

2) En relació a la interacció del zooplàncton amb els microplàstics:

h5: “Els microplàstics presents a l'aigua són incorporats per organismes del zooplàncton, introduint-se així en el primer nivell de consumidors i passant a disposició de la resta de baules de les cadenes tròfiques marines”

3) En relació a l'impacte dels macroplàstics sobre els vertebrats marins:

h6: “Una gran part dels rescats del Centre de Recuperació d'Animals Marins (CRAM) impliquen una interacció dels animals amb els macroplàstics”.

h7: “Alguns tipus de vertebrats són més vulnerables que d'altres davant la presència de plàstics”.

h8: “Els animals que entren en contacte amb els macroplàstics desenvolupen diversos tipus de patologies per aquesta causa”.

h9: “Si se suposa que la presència de macroplàstics va en augment, al llarg del temps s'observarà un augment de rescats de vertebrats marins per causa d'aquests”

1.3 OBJECTIUS

1.3.1. Objectius generals

- 1) Estudiar l'impacte presencial dels micro i mesoplàstics a les costes del litoral català.
- 2) Estudiar l'impacte dels microplàstics sobre els invertebrats marins
- 3) Estudiar l'impacte dels macroplàstics sobre els vertebrats marins

1.3.2. Objectius específics

- 1) Analitzar quins tipus de microplàstics i de mesoplàstics hi ha a la platja de la Barceloneta, a partir dels nostres mostrejos, realitzats al llarg de 7 mesos, i quantificar les corresponents concentracions de partícules.
- 2) Analitzar estadísticament si aquesta concentració va en augment al llarg del temps.
- 3) Analitzar quins tipus de microplàstics i de mesoplàstics hi ha a la platja de la Blanes, a partir de les dades dels arxius del Projecte Plàstic zero, corresponents al mateix període del nostre mostreig a la Barceloneta, i quantificar les corresponents concentracions de partícules.
- 4) Analitzar estadísticament si hi ha correlació entre la mida de la població i el turisme i la concentració de micro i mesoplàstics de la platja.
- 5) Extreure microplàstics d'una crema cosmètica i utilitzar-los per a fer un experiment amb *Artemia salina* per a observar si aquestes partícules són incorporades en el cos d'aquests organismes com a conseqüència de la seva activitat filtradora.
- 6) Estudiar, a partir de les bases de dades del CRAM, quin percentatge de vertebrats rescatats pel CRAM estan afectats per plàstics.
- 7) Analitzar estadísticament si aquests casos van en augment i si hi ha unes espècies més afectades que d'altres.
- 8) Analitzar estadísticament si hi ha correlació entre la presència de plàstics en el cos dels animals rescatats i el desenvolupament de patologies.

1.4 METODOLOGIA

Per assolir els objectius proposats s'han dissenyat tres estudis complementaris, dos de caràcter descriptiu i correlacional a partir de la recollida de mostres o accés a bases de dades, i un de tipus experimental en laboratori, amb la corresponent explotació estadística descriptiva i inferencial. Per a portar a terme la nostra investigació ens hem posat en contacte amb institucions de prestigi que fan recerca científica i sensibilització mediambiental a l'entorn del mar i de la problemàtica dels plàstics.

Per fer l'estudi dels microplàstics i mesoplàstics a la costa vam posar-nos en contacte amb l'organització Observadors del Mar, dintre la qual hi ha una secció anomenada Plàstic 0, que desenvolupa un projecte de ciència ciutadana i medi ambient d'àmbit europeu centrat en la problemàtica dels micro i mesoplàstics a les costes i a fer una tasca educadora i sensibilitzadora. El CESIC hi col·labora i a nivell català està treballant conjuntament amb diverses escoles de Badalona, Barcelona, Blanes i Gavà . Allà la Sra. Cristina Puig ens va facilitar el seu protocol de mostreig i nosaltres vàrem assumir la realització de 7 mostres, a base de 10 parcel·les cadascun, a intervals mensuals en una de les platges més concorregudes de Barcelona, la de la Barceloneta, a partir dels quals nosaltres obtindríem dades per la nostra recerca al mateix temps que enriqueiríem el seu projecte incorporant-les en la seva base de dades. D'altra banda el Sr Luís Francisco Ruiz ens van facilitar l'accés a la base de dades de Plàstic 0 per a completar la nostra recerca i ens va assessorar amb les proves estadístiques.

Per portar a terme la investigació sobre la interacció entre els microplàstics i el zooplàncton marí vàrem sol·licitar assessorament a l'Escola del Mar de Badalona, amb una llarga experiència en treballs de recerca relacionats amb aquest tipus d'organismes. Allà el Sr Francesc Camps ens va assessorar en el manteniment del cultiu *Artemia salina*, l'artròpode amb el qual realitzaríem l'experiment, i ens va ajudar a perfilar el nostre disseny experimental. Vam escollir treballar amb aquesta espècie perquè és un model molt utilitzat en experiments de biologia, de manera que els resultats obtinguts es poden transferir a la generalitat, és a dir, suposar que els efectes que tinguin els microplàstics sobre aquesta espècie seran comuns a una gran majoria d'espècies del zooplàncton. Els microplàstics que vàrem utilitzar els vàrem extreure d'una crema cosmètica exfoliant i les observacions les vàrem realitzar amb un microscopi al qual incorporàvem la càmera del mòbil per fer fotografies i vídeos.

Finalment, per a estudiar l'impacte dels macrolplàstics sobre els vertebrats marins vàrem anar al CRAM (Centre de Recuperació d' Animals Marins) i ens vàrem inscriure al seu programa de Treballs de Recerca de Batxillerat, on ens va atendre la Sra. Marta Coca. Malauradament, pel fet de ser encara menors d'edat no vàrem poder viure en persona cap dels rescats ni cap dels reconeixements i autòpsies i ens vam limitar a demanar-los de treballar amb les seves bases de dades sobre els rescats realitzats en els darrers anys de tortugues, cetacis, ocells i elasmobranquis, per a contrastar les nostres hipòtesis.

2. MARC TEÒRIC

2.1. VISIÓ GLOBAL DEL MEDITERRANI

2.1.1. Característiques generals del Mediterrani

El Mediterrani és el mar europeu semi-tancat de major grandària, caracteritzat per una encofnada plataforma, una estreta zona litoral i una petita conca de drenatge, sobretot en la part nord. El canal de Sicília (150 km d'ample, 400 m de profunditat) separa dues conques diferents, l'occidental i l'oriental, i actua com una frontera geogràfica i hidrològica entre elles.

Ahora, el mar Mediterrani és una conca semi-tancada que comunica amb l'oceà Atlàntic. La seva dinàmica respon als intercanvis amb l'oceà Atlàntic i l'atmosfera i a la vegada té un gran efecte en la circulació de l'oceà Atlàntic. Algunes dades generals es recullen a la Figura 1.

Figura 1: Estadístiques del mar Mediterrani



Font: Elaboració pròpia a partir de <https://drive.google.com/drive/folders/1ICQYxcuACRqUIJvsSO6zPqQhHW2ajsOC> [Data consulta: 18-10-17] [públic domain]

Aquest mar es caracteritza per:

- Elevades temperatures: (mínima anual de 12°C, aconseguint els 25 °C a l'estiu), la qual cosa produeix taxes metabòliques força altes.
- Elevada salinitat: és el mar més salí d'Europa. Com l'evaporació és major que la precipitació i el vessament fluvial, el mar té un dèficit anual d'aigua dolça de 2.500 km³.
- Oligotròfia: és pobre en nutrients, escassa producció primària i biomassa de fitoplàncton. La oligotròfia augmenta d'oest a est. La producció primària en mar obert es considera limitada pel fòsfor, mentre que en la majoria dels oceans del món està limitada pel nitrogen.
- Gran biodiversitat: la fauna i la flora són unes de les més riques del món, sobretot a la zona litoral, molt diversa i amb un elevat grau d'endemisme.

2.1.2. Hidrografia i circulació general del Mediterrani

Fa uns 8.000 anys el mar Mediterrani tenia una circulació de tipus estuària, és a dir, un cos d'aigua separada de l'oceà global per un pas estret i altament influenciada per una aportació d'aigua dolça (precipitacions i aportació fluvial). No obstant, això ha canviat i la circulació actual del mar és de llacuna: cos d'aigua separat de l'oceà global per un pas estret i altament influenciats per l'evaporació. La circulació en el mar Mediterrani està forçada per l'intercanvi d'aigua a través dels estrets de Gibraltar (i Sicília), la tensió del vent, i flux de flotabilitat. S'hi poden trobar: corrents de frontera, jets, meandres, filaments, girs anticiclònics i energètics remolins de mesoescala.

La complexitat de la circulació d'aquest mar té l'origen en les diverses forces que actuen i el control topogràfic. Tots els processos dinàmics oceànics rellevants del clima global (la circulació termohalina, la formació d'aigua profunda, transformació d'aigües, dispersió i mescla) també hi són presents. El mar es compon de diferents masses d'aigua contigües. Temperatura i salinitat (densitat) varien dràsticament d'una massa a una altra. Hi ha variabilitat estacional i interanual. Aigües intermèdies/profundes es produeixen per la pèrdua de calor i l'evaporació durant l'hivern.

Les masses d'aigua són conques d'evaporació, amb un flux provinent de l'oceà Atlàntic i a través de Gibraltar cap a la conca de oriental a través de l'estret de Sicília. La densitat augmenta mentre l'aigua circula pel Mediterrani, degut a la excepcional evaporació en aquest. En el Mediterrani també s'hi poden trobar zones de formació d'aigües profundes: el golf de Lleó, la part sud del mar Adriàtic i en hiverns excepcionalment freds, a la conca Llevantina.

2.1.3. Funcionament de l'ecosistema del mar Mediterrani

La fauna i la flora mediterrànies han evolucionat durant milions d'anys dins d'una mescla única d'elements temperats i subtropicals, amb una gran proporció (28%) d'espècies endèmiques (Fredj et al.,1992). La varietat actual de situacions climàtiques i hidrològiques i de biòtops específics del Mediterrani són, en part, el resultat de la història geològica de la regió. Hi ha un total de 10.000 a 12.000 espècies marines registrades (amb 8.500 espècies de fauna macroscòpica i més d'1.300 espècies de plantes). Aquesta abundant biodiversitat representa entre el 8% i el 9% del nombre total d'espècies en els mars de tot el món i encara se segueixen registrant noves espècies, sobretot en profunditats o zones inexplorades fins avui.

Els ecosistemes són la integritat d'una comunitat d'éssers vius i l'espai físic on es relacionen. Amb l'estudi dels ecosistemes, es pretén trobar les relacions que tenen diferents espècies amb el medi que ocupen. Al Mediterrani identifiquem tres ecosistemes distints: l'ecosistema pelàgic, l'ecosistema bentònic i l'ecosistema de la costa.

- 1) **L'ecosistema pelàgic:** és aquell on els organismes tenen la capacitat de surar a l'aigua ja sigui activa o passivament. En aquest ecosistema la llum solar només penetra en les capes més superficials i s'esmoreix a mesura que s'endinsa a les

profunditats. En aquest ecosistema es poden conèixer quatre nivells tròfics, és a dir, quatre baules de la cadena alimentària. El primer d'aquests l'ocupa el fitoplàncton. El segueix el zooplàncton, on es situa l' artròpode *Artemia salina* , que en aquesta recerca s'utilitzarà com a organisme model d'aquest nivell tròfic; el tercer i quart nivell el constitueix el nècton, constituït per aquells organismes que es desplacen activament a l'aigua i que inclou els peixos i els macro vertebrats marins, com ara les tortugues i els cetacis; organismes que també seran objecte d' aquest treball de recerca.

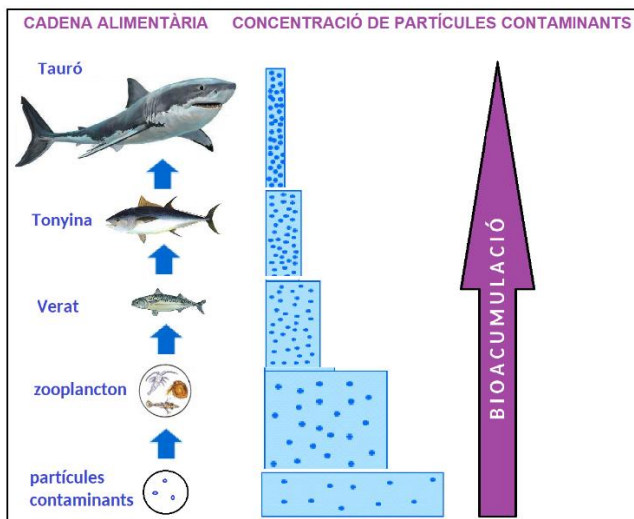
- 2) **L'ecosistema bentònic:** els factors característics de l'ecosistema bentònic són la major o menor presència de llum, la consistència del substrat i l'existència o absència d'onatge o mareas. El desenvolupament dels esculls de corall és originat gràcies a la constància de la temperatura i de la quantitat de nutrients disponibles. Com que els factors llum, pressió i temperatura de l'aigua varien segons la profunditat, l'ecosistema bentònic acostuma a organitzar-se en franges.
- 3) **L'ecosistema de la costa:** Les dunes, els saladars i les zones humides són els ecosistemes més característics de les zones costaneres. Les espècies que viuen en aquest ecosistemes poden suportar condicions extremes com ara l'enterrament i el desenterrament d'arena, inundació i sequera, i l'aigua dolça i la salada.

2.1.3.1. Bioacumulació i Biomagnificació

La bioacumulació és la ingerència de substàncies tòxiques, metalls i altres matèries persistents en un organisme, a partir de fonts biòtiques (altres organismes) o abiòtiques (sòl, aire i aigua). Aquests acumulen les substàncies en qüestió ens els teixits del seu cos.

El factor de la biomagnificació entre dos nivells tròfics ens informa de la proporció amb la que incrementa la concentració d'un nivell de la cadena tròfica respecte a un nivell inferior (Figura 2). Resulta de dividir la concentració del nivell tròfic superior amb la concentració del nivell tròfic inferior.

Figura 2: Biomagnificació



Font:elaboració pròpia a partir de <https://rosaliacpaz.files.wordpress.com/2016/03/contaminacic3b3n-4.jpg> [Data consulta: 25-10-17]

2.1.3.2. Cadenes i xarxa tròfica al mediterrani

La bioacumulació i la biomagnificació tenen molta relació amb les cadenes i les xarxes tròfiques, és més, no existirien sense elles. Una cadena tròfica és el conjunt de relacions d'alimentació que es donen entre organismes de diferents nivells tròfics. Però és molt rar que les cadenes tròfiques estiguin soles, quasi sempre estan lligades a altres formant així les xarxes tròfiques. Doncs bé, es podria dir que la bioacumulació i la biomagnificació es duen a terme al llarg de les cadenes i xarxes tròfiques.

El zooplàncton és el consumidor primari, per això se situa al principi de la xarxa tròfica. Per tant, si aquests ingereixen microplàstics o altres substàncies tòxiques, el més probable és que aquestes substàncies es vagin acumulant al llarg de la cadena tròfica.

2.2. ELS PLÀSTICS

Els plàstics són un material polimèric orgànic, compostos per molècules orgàniques gegants que contenen carboni, hidrogen i altres elements (oxigen, nitrogen, fluor, clor, sofre, etc.) que es poden deformar fins aconseguir la forma desitjada mitjançant extrusió, modelatge o filament.

2.2.1. Història dels plàstics

Els plàstics són un producte del segle XX, però tot i això, hi ha antecedents importants, deguts a l'esforç dels químics dels segle XIX.

L'any 1864 el nord-americà J.W. Hyatt prepara el primer plàstic, el cel·luloide, a partir de nitrocel·lulosa i càmfora (alcanfor). El més curiós és que estava cercant un material per substituir l'ivori (marfil) de les boles de billar. Actualment no s'utilitza degut a la seva inflamabilitat. El 1872 Adolf von Baeyer, conegut químic alemany, descobreix que certs materials preparats a base de fenol i formaldehid, presenten propietats plàstiques.

Tres dècades més tard, l'any 1897, a Alemanya, es descobreix que si a la caseïna (proteïna de la llet) se li afegeix formol, s'obté un producte dur i que es pot emmotllar fàcilment. Aquest plàstic anomenat galactita, barat i fàcil de produir, s'utilitzava per fer botons, agulles i aïllants elèctrics.

L'any 1909, Leo Hendrik Baekeland crea la baquelita, un plàstic termostable que s'utilitza en aïllants elèctrics i en plomes i bolígrafs. A més, es produeix l'acetat de cel·lulosa, similar al cel·luloide però no inflamable, molt utilitzat encara, per exemple en les pilotes de ping-pong.

Entre el 1930 i el 1960, es fa la producció comercial dels primers plàstics (PVC, metacrilat, silicona) i es generalitza l'ús del plàstic. Gran quantitat d'objectes quotidians es fan de plàstic. Era un material amb un gran futur; ningú no veia el problema de la contaminació.

2.2.2. Propietats generals

En general, la matèria primera és barata i a més es de fàcil conformació. Té un alt pes molecular i una baixa densitat, és a dir, que són molt lleugers. També se'ls caracteritza per ser impermeables, aïllants tèrmics, elèctrics i acústics, resistents als esforços mecànics, resistents a molts agents químics, a l'aigua i als agents atmosfèrics.

Els plàstics substitueixen als metalls i a molts altres productes per les seves propietats però són precisament aquestes les que han provocat un dels majors problemes mediambientals. Aquests són molt contaminants a llarga durada, i tot i els esforços que fem per reciclar-los i reutilitzar-los, la quantitat produïda encara supera de bon tros la quantitat reciclada. Les deixalles de plàstics ocupen un gran volum: 6 vegades més que les deixalles comuns.

2.2.3. Obtenció de plàstics

En el procés d'elaboració d'objectes de plàstic hi ha dues grans etapes ben diferenciades: l'obtenció de plàstic a partir de les matèries primeres (síntesis dels polímers) i la conformació per obtenir els objectes o peces definitives.

La síntesi dels polímers

Els polímers són macromolècules (generalment orgàniques) formades per la unió de molècules més petites anomenades monòmers. La reacció per la qual se sintetitza un polímer a partir dels seus monòmers s'anomena polimerització. Actualment la majoria de polímers són sintètics, obtinguts a partir generalment del petroli, el gas natural o el carbó. Tot i que també poden ser d'origen animal o vegetal. El procés d'obtenció del polímer rep el nom de polimerització i precisament del grau de polimerització (nombre de monòmers) en depèn la rigidesa del plàstic. Les indústries utilitzen diferents maneres de "donar forma al plàstic" a continuació descriurem molt breument alguns d'aquests processos:

- **Extrusió:** s'escalfa el plàstic fins que es torna manejable, a continuació es fa passar per un forat especial obert en una placa metàl·lica fins que n'agafi la forma.
Bufat: s'escalfa el plàstic fins a tenir-ne una massa dissolta manejable a la qual s'infla aire en el motlle per tal que formi una bombolla que s'expandeix fins a omplir tot el motlle i agafar la forma desitjada mantenint l'interior buit.
- **Injecció:** El plàstic surt per l'extrem i es introduït a pressió a l'interior d'un motlle. Un cop refredat mínimament s'obre el motlle i s'extreu el objecte fet.
- **Buit:** Es col·loca una planxa de plàstic fina sobre del motlle, se li dona calor, quan el plàstic esta mig fos se li dona un cop en sec de tal manera que agafi la forma del motlle.

Comercialment els plàstics es vénen com: Productes semielaborats (tubs, planxes, làmines, etc.), productes líquids d'alta densitat (resines) i productes sòlids (grànuls, anomenat gransa).

2.2.4. Tipus de plàstics

Segons la mida es poden classificar en 3 grups: microplàstics, mesoplàstics i macroplàstics.

1) Microplàstics:

Són peces de plàstic que mesuren menys de 5 mm de diàmetre, fins al punt que ni es veuen a simple vista. Aquests procedeixen de productes de cosmètica com les cremes exfoliants, dentífrics, gels, etc. (Fendall y Sewell, 2009) o de peces de plàstic més grans per un procés de fotodegradació (degradació per la llum) i altres processos de meteorització. D'aquesta manera els plàstics es van fragmentant i dispersant per l'oceà. Els microplàstics també es troben en els tèxtils sintètics. Les aigües residuals provinents de rentar roba sintètica contenen més de 100 fibres per cada litre d'aigua. Segons un estudi realitzat per Brown i col·laboradors, en una sola rentada s'alliberen unes 1.900 fibres de microplàstic de promig. S'han trobat fibres similars en els afluents d'aigües residuals propers a grans centres urbans. S'està avaluant la possibilitat que els microplàstics poden proporcionar una via pel transport de substàncies químiques tòxiques a través de la cadena alimentícia.

La majoria d'aquests plàstics acaben sent arrossegats fins les costes, i el principal responsable d'això són les activitats humanes. El 100% de les mostres de sorra de platges de tot el món contenen contaminació per microplàstics, fins i tot a llocs inexpugnables com l'Antàrtida. Amb el temps els microplàstics es degradaran pels rajos UVA i absorbiran materials hidròfobs, de tal manera que a llarg termini s'acabaran convertint en materials plàstics més petits i més tòxics. Al nostre treball de camp els hem classificat en fragments rígids, fragments esponjosos i pel·lets (Figura 3).

D'altra banda, els microplàstics primaris són aquells que ja són manufacturats amb una mida microscòpica (Cole et al., 2011). Entre ells destaquen les microesferes (<500 µm) es troben en alguns productes de cosmètica, així com els microplàstics emprats com vectors de medicaments (Patel et al., 2009), també s'utilitzen per la impressió en 3D de forma més recent. Al ser micropartícules tan petites no es poden filtrar i d'aquesta manera desemboquen directament als mars i oceans. No obstant, també existeixen microplàstics primaris de mida més gran, com els pel·lets, els quals mesuren de 2-5 mm i són precursors de materials plàstics més grans. Per si mateixos representen una important entrada de plàstics als oceans degut als abocaments accidentals en el transport o manipulació d'aquests (Gregory, 1978). Solen estar compostos per polietilè i polipropilè (Endo et al., 2005; Ogata et al., 2009) i, encara que la seva concentració acostuma a ser major en zones properes a àrees urbanes i industrials, també s'han trobat importants i nombroses acumulacions a les platges del Pacífic i illes remotes com Fiji i platges de Nova Zelanda (Gregory, 1999).

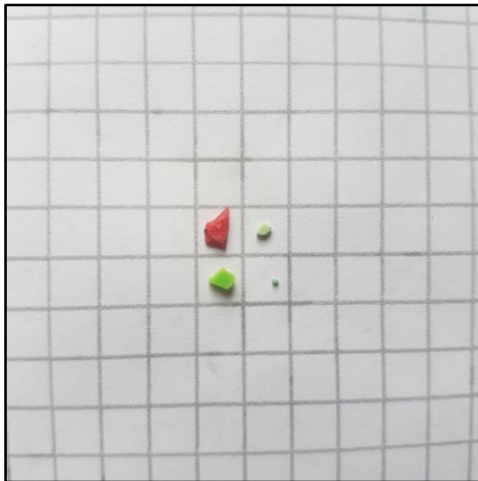
Figura 3: Microplàstics tipus pel·lets



Font: Elaboració pròpia a partir d'una mostra de la platja de la Barceloneta

Els microplàstics secundaris (Figura 4) són aquells productes de plàstic de major mida que, una vegada manufacturats, un cop a la superfície del mar o a les platges, estan exposats a condicions externes com la radiació solar (UV), entre d'altres, que causen la degradació d'aquests (Andrady, 2011). Aquesta degradació, que pot ser de molts tipus en funció de la causa que la generi, està associada a la decoloració dels plàstics, del desenvolupament d'erosions a la seva superfície i a l'augment de la seva fragilitat. La fragmentació de plàstics més grans constitueix una font addicional d'entrada de microplàstics i nanoplàstics al medi (Eerkes-Medrano, Thompson i Aldridge, 2015).

Figura 4: Microplàstics secundaris de tipus fragments rígids



Font: Elaboració pròpia a partir d'una mostra de la platja de la Barceloneta

2) Mesoplàstics:

Són peces de plàstic d'entre 5-200 mm. Al igual que els microplàstics, aquests poden ser prefabricats d'aquesta mida o simplement derivar-ne de peces de plàstic més grans (Figura 5).

Figura 5: Mesoplàstics de tipus fragments rígids



Font: Elaboració pròpia a partir d'una mostra de la platja de la Barceloneta

3) Macroplàstics:

Són aquells que mesuren més de 200mm de diàmetre. Poden ser rígids, fibres i laminats, tal i com es veuen a la figura 6.

Figura 6: Macroplàstics de tipus rígids, fibres i laminats



Font: Elaboració pròpia a partir d'una mostra de la platja de la Barceloneta

Segons les seves propietats es poden classificar en tres grups: termoplàstics, termostables i elastòmers.

1) Termoplàstics:

Són plàstic que es fonen a temperatures entre 50 i 200°C i quan s'escalfen passen a un estat de líquid viscos i es poden conformar. Suporten cicles repetits d'escalfament i refredament, per tant, es poden reciclar amb facilitat. S'usen a temperatura ambient com per exemple, per ampolles, bolígrafs, etc.

2) Termostables:

Són plàstics que s'endureixen en el procés d'emmotllament a alta temperatura. No són reciclables, per tant només es poden reutilitzar. Suporten temperatures mitjanes o altes. Els trobem als mànecs de paelles, equips electrònics, assecadors, etc.

3) Elastòmers:









Són plàstics extremadament elàstics, alguns es poden estirar fins a 10 voltes la seva longitud original. Recuperen la seva forma en finalitzar l'esforç. El fet que no siguin reciclables fa que es converteixin en plàstics no reciclables. Uns tipus de plàstics elastòmers són els teixits elàstics, els recobriments impermeables, les juntes, etc.





Segons la seva composició es poden classificar en 3 grups: plàstics convencionals, convencionals amb un "toc verd" i biodegradables.

1) Plàstics convencionals:

Són els que estan fabricats a partir de matèries primes no renovables, com el petroli. No són biodegradables, és a dir, no serveixen d'aliment a cap ésser viu. Segons un informe d'Ecologistes en acció, només es degraden amb la radiació solar perdent resistència i trencant-se en partícules cada vegada més petites, sense canviar la seva composició química. Quan el seu diàmetre és inferior a 5 mm., es denominen microplàstics. Els plàstics convencionals més freqüents es recullen a la Figura 7.

Figura 7: Plàstics convencionals

Polietilè teraflat (PET) Ampolles de gasosa, d'aigua, de xampú, de sabó líquid, cintes magnètiques		Policarbonat (PC) CD i DVD, lents òptiques, visors de protecció	
Polietilè (PE) Revestiments de cables elèctrics, bosses de brossa, engranatges, làmines, taps, ampolles d'aigua i refresc		Tefló (PTFE) Revestiments antiadherents, juntes mecàniques, cintes d'enregistrament	
Clorur de polivinil (PVC) Canonades d'aigua, finestres, portes, ampolles d'oli i aigua, entapissats de pell sintètica, revestiments elèctrics		Neoprè (PCP) Equipament esportiu de muntanya i submarinisme, revestiments, corretges industrials	
Polipropilè (PP) Carrosseries, para-xocs, mobles de jardí, envasos d'aliments, articles de cuina		Silicones (SI) Segellat de juntes, aïllants elèctrics, adhesius, implants i pròtesis	

<p>Poliestirè (PS) Envasos alimentaris, embalatges, útils de cuina,... a partir d'ell s'obté el porexpan</p>		<p>Poliuretà (PUR) Cascos de bucs, embarcacions esportives, aïllaments habitatges i frigorífics</p>	
<p>Metacrilat (PMMA) Vidres d'alta resistència (avions), fars d'automòbil, objectes decoratius</p>		<p>Plexiglàs "Vidres" de finestrals, lents de contacte i fibres òptiques</p>	

Font: Elaboració pròpia a partir de <http://parevitoria.edu.gva.es/deptecno/bax/tc303pla.pdf>
[Data consulta: 11-11-17] [públic domain]

Plàstics convencionals amb un "toc verd":

Són plàstics convencionals fabricats a partir de matèries no renovables als que se'ls afegeix algun additiu que els ajuda a degradar-se. Acabada la seva vida útil, es trenquen més fàcilment, però no hi ha evidències científiques de que els microbis els consumeixen per complet, pel que sembla molt probable que acabin descomposant-se en trossos cada vegada més petits, afegint-se així al món dels microplàstics. Dins d'aquest grup es troben els plàstics oxo-degradables, que s'utilitzen principalment per a bosses (porten el símbol d2W). Se'ls afegeix l'additiu d2W a aquests plàstics convencionals per a facilitar el procés de degradació.

2) Plàstics biodegradables

Aquest plàstics es fabriquen a partir de matèries primeres renovables, com el blat de moro, la iuca, les patates o el blat. Aquests plàstics sí es poden biodegradar i, per tant, transformar-se en elements químics naturals que la natura pot reabsorbir. La biodegradabilitat és un procés biològic pel qual un producte o una substància és metabolitzada i transformada per organismes vius (microorganismes i fongs) fins a ser totalment convertida en substàncies químiques naturals, reintegrant-se al cicle natural de carboni que ha sostingut la vida durant milions d'anys.

Malgrat que semblen una alternativa als plàstics convencionals i ser menys perjudicials, tenen una sèrie d'inconvenients importants:

- El principal inconvenient és que aquests plàstics estan produïts a partir de productes alimentessis. En el cas de que aquests es poguessin degradar poc després de la seva vida útil sense deixar rastre en el medi ambient, seguirien suposant un problema; doncs el 2014 es van produir 280 milions de tones de plàstic en el món... Quina quantitat de terreny faria falta per cultivar els productes que es necessitarien per manufacturar aquell plàstic? No està prou sobreexplotat i desforestat el món? I a més a més, quina quantitat d'aigua i fertilitzants a base de petroli serien necessaris?
- La majoria d'aquests plàstics necessiten unes condicions molt específiques per a que es biodegradin. Requereixen una barreja equilibrada d'oxigen, humitat, ventilació i temperatura (superior a 50°). Aquestes condicions òptimes són les que es donen només en una planta de compostatge industrial, és molt difícil que fora d'aquestes plantes s'acabin biodegradant.

Segons l'informe d'UNEP (2015), Biodegradable plàstics & marine litter; Misconceptions, concerns and impacts on marine environments, l'ús de plàstics etiquetats com biodegradables no porta el descens ni de la quantitat de plàstics que arriba a l'oceà, ni del risc de contaminació física i química en el medi ambient marí. Si s'enfonsen en el mar o en un riu, casi mai o mai trobaran les condicions que necessiten per biodegradar-se, ja que s'enfonsaran i es conservaran durant segles perquè els microbis necessiten oxigen per fer la seva feina.

- El reciclatge també és complicat. No es poden barrejar amb els plàstics convencionals, perquè comprometen la qualitat del producte final i s'ha de tirar tot el molt de plàstic en el que han entrat.
- El fet de que procedeixin de fonts renovables no significa que siguin manufacturats amb menys substàncies químiques perjudicials, o que continguin menys additius preocupants.

2.2.5. Plàstics i additius

Per obtenir molts dels plàstics citats abans a mida de les necessitats de cada indústria i per millorar les seves qualitats s'afegeixen diferents components que s'anomenen additius. Aquests confereixen les propietats desitjades en quant a la textura, resistència a la temperatura, mal-leabilitat, estabilitat, brillantor, etc. (Bilbao, 2015).

Els additius més importants i més comuns són:

- Els **plastificants**, que redueixen la duresa i la fragilitat i augmenten la tenacitat.
- Els additius que eviten l'efecte destructor de la llum i la radiació ultraviolada reben el nom d'**estabilitzants**.
- Els **colorants** són aquells pigments o tints que donen color al polímer.
- Tots els que retarden l'aparició de la flama s'anomenen **ignífugs**.
- Els **desmotlladors** faciliten el procés de fabricació.
- Els **catalitzadors** s'afegeixen per accelerar la reacció de polimerització.
- Les **càrregues** són els materials com la fusta, el cotó, la fibra de vidre, el sílice i la fusta que milloren l'emmotllament i abarateixen el producte final.

2.2.6. Els plàstics al món

En els últims 50 anys la producció de plàstics s'ha disparat exageradament, sobretot durant les últimes dècades. Del 2002 al 2013 va augmentar un 50%: de 204 milions de tones al 2002, a 299 milions de tones al 2013. Es calcula que al 2020 el nivell serà el 900% més alt que el nivell producció de 1980. Llavors se superaran els 500 milions de tones anuals.

Al mercat predominen 4 tipus de plàstics: el polietilè (PE) (bosses de plàstic, a les làmines i pel·lícules de plàstic, microesferes de cosmètics, etc.). Després trobem el polièster (PET) (ampolles, envasos, peces de roba, pel·lícules de rajos X, etc.).

Seguidament un dels més comuns és el polipropilè (PP) (components de vehicles, mobles, electrodomèstics, etc.). Finalment està el polivinil (PVC) (canonades i accessoris, vàlvules, finestres, etc.). La major part dels plàstics s'usen per a la fabricació de productes d'un sol ús.

El principal productor mundial de plàstics és la Xina, seguit d'Europa, Nord Amèrica i la resta d'Àsia. Centrant-nos en les la producció a Europa, més de dos tercers parts de la demanda de plàstics es concentren a Alemanya, Itàlia, França, Regne Unit i Espanya.

2.2.6.1. La contaminació per plàstics en xifres

Des del 1950, quan va començar a despuntar el material, s'han produït en tot el món més de 8.000 milions de tones de plàstic de tot tipus: des del que s'utilitza en ampolles i altres envasos, fins a resines per a fabricar mobles, passant per les fibres tèxtils. I la meitat d'aquest material s'ha produït tan sols en els últims tretze anys.

L'enorme quantitat de plàstic en circulació i el creixent de la seva producció de forma vertiginosa en poc temps ens porta a les següents preguntes: què passat amb tot aquest plàstic? Quant plàstic hi ha realment en circulació? Quant se n'ha produït en tots aquests anys? Què ha passat amb ell? Quin impacte mediambiental està provocant? Es pot contestar en major o menor mesura a escala nacional o en determinades regions del món, però es fa difícil estimar l'impacte d'aquests productes a escala global.

A nivell planetari, segons dades de Greenpeace (2016a), només s'ha reciclat el 9% dels plàstics fabricats, i el 79% ha quedat en abocadors o abandonat en el medi ambient, on romandrà dècades o centenars d'anys. El 12% restant s'incinera, que aparentment és la solució al problema, però al fer-ho, s'alliberen toxines a l'aire. Si es mantenen les previsions actuals de producció i no canvia la gestió del plàstic, el 2050 ens trobarem amb 12.000 milions de tones de residus de plàstic.

L'impacte creixent del mal ús del plàstic el podem imaginar només mirant allò que passa a Europa. En el vell continent s'arriba a gastar 36.000 milions de plàstics d'un sol ús anualment. Només amb les que es reparteixen en els restaurants de menjar ràpid de la UE en un sol any es podria anar i tornar a la Lluna 10 vegades si les poséssim en fila. I Espanya té el trist rècord de ser el país europeu que més palletes usa per habitant a l'any, unes 110. Això suposa que tots els dies tirem més de 13 milions de palletes. Encara més greu, segons les dades de la patronal de plàstic, Espanya només recicla el 37% dels envasos plàstics. La resta contamina any rere any el nostre entorn. Una situació intolerable, doncs a més estem parlant d'un objecte totalment innecessari i prescindible en el 99,99% dels casos.

2.2.6.2. La presència de plàstics al mar i els oceans

El plàstics arriben al mar per vies diferents. Quan ens desfem d'un plàstic aquest pot anar a parar a un abocador, ser cremat o reciclat. Alguns acaben a les vies fluvials i als oceans a través dels sistemes de drenatge d'aigües en zones urbanitzades; per

l'aigua que flueix per l'abocador, els abocaments d'escombraries deliberats; els residus "abandonats", els abocaments accidentals dels vaixells o a través dels efluent de les depuradores o plantes de tractament d'aigües residuals.

D'altra banda, els microplàstics que es troben en els cosmètics com cremes o gels exfoliants, dentífrics i etc., no es poden filtrar quan passen per la depuradora i van a parar directament al mar. També poden provenir d'abocaments incontrolats o procedeixen d'altres trossos de plàstic més grans.

Sabem que el 80% dels residus marins provenen de terra, mentre que l'altre 20% de l'activitat marina (web de Estrategias marinas de España). Podem trobar plàstics a tots els oceans del món, des de l'Àrtic fins a l'Antàrtida, ja que el plàstic és molt persistent i es dispersa molt fàcilment. Hi ha cinc zones on l'acumulació de plàstics és tan gran que es coneixen com a "illes" o "sopes" de plàstics a les zones subtropicals: una a l'Índic, dos a l'Atlàntic i dos al Pacífic. Aquestes són zones amb una altíssima concentració de microplàstics.

A les àrees litorals hi ha altes concentracions de macroplàstics, especialment a regions amb alta població costera amb sistemes de gestió de residus inadequats, pesqueries intensives o turisme massiu. Només a Espanya es recullen una mitjana de 320 objectes d'escombraries per cada 100m de platja. El 75% d'aquests objectes són plàstics. Cada dia es llencen 30 milions de llaunes i ampolles, les quals passen a contaminar l'entorn terrestre i marí.

El temps de degradació del plàstic depèn del tipus de plàstic i de les condicions ambientals a les que s'exposa (llum solar, oxigen, agents mecànics, etc.). En el cas dels oceans, la radiació UV procedent del sol és el principal agent que degrada el plàstic. La acció de l'onatge accelera aquest procés i com resultat els fragments més grans es van trencant en trossos més petits.

És difícil fer un càlcul del temps que triga en bo degradar-se el plàstic en els oceans però es considera que és molt més lent que en la terra. Un cop que el plàstic queda enterrat, passa a la columna d'aigua o queda cobert per la matèria orgànica o inorgànica (tot molt freqüent en el medi marí) queda menys exposat a la llum solar, i disminueixen les temperatures i l'oxigen, el que alenteix la seva degradació.

La presència de plàstics en el mar i els oceans té un impacte molt important sobre la fauna marina. Quan els animals marins ingereixen plàstic de forma accidental, aquests s'acumulen en el seu sistema digestiu, causant una falsa sensació de sacietat, reduint la quantitat d'aliment que poden ingerir. Al no obtenir tots els nutrients que necessiten, els animals perden pes i es debiliten minvant la seva capacitat de supervivència. Aquests residus no només causen una dilució nutritiva en la fauna marina, sinó que també causen obstruccions, danys físics en el sistema digestiu com ferides i perforacions, i danys en els òrgans externs. Tots aquests impactes els debiliten greument i a vegades provoquen la mort de l'animal, com va ser el recent cas del catxalot varat en el Cap de Pals. Segons els informes de Green Peace (2016a), més de 1.300 espècies, com cetacis, peixos, aus o taurons s'han vist impactats per les

escombraries marines (el 92% dels casos amb plàstics). El 97,3% de les escombraries ingerides per les tortugues són plàstics

Les dades seleccionades que aporta l'informe Greenpeace (2016a i b) i Estrategias marinas de España (2016) ens aproximen a valorar la importància dels residus de plàstic que es generen i s'acumulen al mar:

- 8 milions de tones d'escombraries a l'any arriben als mars i oceans (equivalent al pes de 800 Torre Eiffel, per cobrir 34 vegades la illa de Manhattan o el pes de 14.285 avions Airbus A380).
- Més de 200 quilos de brossa per cada segon van a parar als oceans.
- El 80% del plàstic del mar prové de terra.
- La quantitat de plàstics que hi ha actualment en els mars s'estima en uns 5-50 bilions de fragments de plàstic, sense incloure els trossos que hi ha al fons marí o a les platges.
- Cap el 2050 el pes dels residus plàstics ens els oceans serà superior al pes de tots els peixos del planeta.
- Hi ha 5 illes d'escombraries formades en la seva gran majoria per microplàstics alguna cosa similar a una "sopa": dos al Pacífic, dues a l'Atlàntic, i una a l'Índic.
- Del 21% al 54% de tots els fragments de microplàstics en el món es troben a la conca del Mediterrani
- El 70% del plàstic del mar queda al fons marí, el 15% a la columna d'aigua i el 15% a la superfície. El que veiem és només la punta de l'iceberg.

El mateix informe que hem citat aporta aquestes dades de l'Estat espanyol:

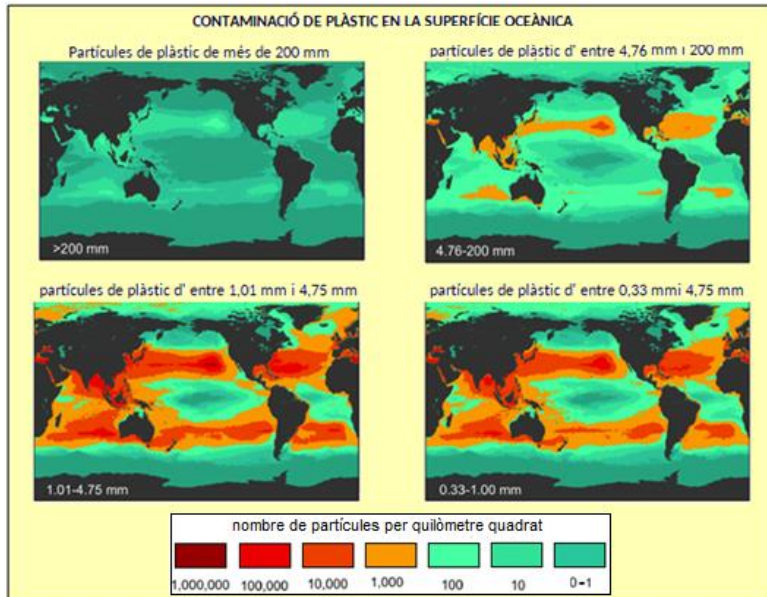
- Cada dia s'abandonen 30 milions de llaunes i ampolles a Espanya.
- A Espanya, el 50% dels plàstics que arriben als sistemes de gestió de residus acaben en els abocadors sense ser reciclats.
- El 72% de les escombraries recollides a les platges de tot l'Estat espanyol són plàstics

El objectes més comuns recollits a les platges i zones costaneres són els següents:

- Burilles.
- Fragments de plàstic inferiors a 2,5 cm.
- Ampolles de plàstic.
- Taps d'ampolles de plàstic.
- Palletes.
- Bosses de plàstics.
- Embolcalls d'snacks de plàstic.
- Bosses de plàstic del supermercat.

La distribució dels plàstics en els oceans es presenta gràficament a la Figura 8. El gràfic mostra la distribució dels microplàstics petits (0,33-1,00 mm), microplàstics grans (1,01-4,75 mm), mesoplàstics (4,76-200 mm) i macroplàstics (>200 mm). Els diferents colors expressen la densitat de plàstics en partícules/m².

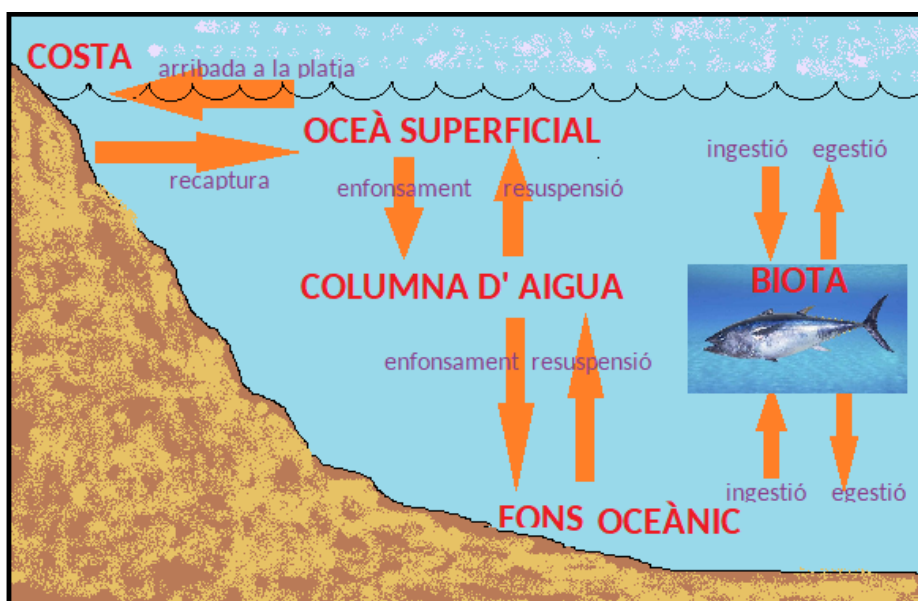
Figura 8: Distribució dels plàstics en els oceans



Font: elaboració pròpia a partir de <https://allyouneedisbiology.files.wordpress.com/2014/12/plc3a0s-tics.png> [Data consulta: 11-11-17]

En el cas concret dels microplàstics l'esquema de la Figura 9 mostra la seva distribució en la diversitat de hàbitats en les conques oceàniques i el litoral, una distribució que es fa de la mateixa manera en els medis aquàtics en general.

Figura 9: Distribució dels microplàstics en conques aquàtiques



Font: elaboració pròpia a partir de <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-basuras-marinas.pdf> [Data consulta: 11-11-17]

2.3. PROBLEMÀTICA ECOLÒGICA DELS PLÀSTICS AL MAR

2.3.1. Problemàtica dels macroplàstics

Es calcula que més d'un milió d'aus i més de 100.000 mamífers marins moren cada any a conseqüència de tots els plàstics que arriben al mar (University of Queensland, 2015). El cert és que les escombraries marines, en especial els plàstics, cada vegada afecten a un major número d'organismes i no només marins.

Les afeccions dels macroplàstics als organismes i ecosistemes marins s'associen principalment a animals morts, debilitats o varats per conseqüències relacionades amb: 1) enredaments per malles o xarxes, sufocació, o 2) ingestió de plàstics (el 52% de les tortugues ingereixen plàstics i en algunes aus aquest percentatge s'eleva al 93%, per exemple). A més d'aquestes problemàtiques s'estan explorant nous efectes que afecten de manera més global als ecosistemes. Un exemple són els plàstics que poden fer de "transportadors" d'altres espècies. Les desplacen per la columna d'aigua de tal manera que les fan arribar a nous ecosistemes, així facilitant nous hàbitats per espècies a on d'una altra manera no es desenvoluparien. També poden produir efectes similars a l'asfíxia d'alguns ecosistemes.

1) Enredaments

Els enredaments, en especial els provocats per aparells de pesca abandonats o perduts en el mar, són dels principals impactes (Baulch i Perry, 2014). Són moltes les espècies afectades per aquest tipus d'escombraries, iguals que els seus efectes, que van des de lesions físiques que impedeixen o disminueixen la mobilitat o la capacitat natatòria dels animals, fins a efectes indirectes com malformacions o disfuncions en alguns dels apèndixs afectats per la malla o l'objecte que ha provocat l'enredament (Figura 9).

El 1997, Laist en el seu estudi va identificar 136 espècies afectades en tot el món, i des de llavors la xifra no ha parat de créixer (Laist, 1997). Baulch i Perri (2014) van fer un nou estudi, basat en la revisió global dels enredaments amb plàstics el 2012, on es mostrava un increment considerable en la llista d'espècies afectades, i tres anys més tard, Kühn et al. (2015) afirmaven que el número d'espècies afectades s'havia doblat des del 1997, afectant entre 267 i 557 espècies en total. La última revisió, realitzada per Gall i Thompson (2015) augmenta la xifra a 693 espècies afectades, de les quals el 17% incloses en la llista d'espècies amenaçades de la IUCN.

Els enredaments són de diferents tipus segons els organismes i materials. Les balenes i els dofins se solen quedar atrapats al voltant del cap i les aletes (Moore et al., 2013). Les foques generalment s'enreden amb xarxes abandonades al voltant del cap i les potes del davant (Waluda i Staniland, 2013). Normalment tenen moltes dificultats per alliberar-se d'aquestes escombraries, i això a llarg termini provoca problemes en el creixement de l'animal i probablement més enredaments. Les aus marines afectades solen tenir dificultat o impossibilitat a l'hora de menjar o desplaçar-se ja que se solen enredar al voltant del bec, ales o potes (Buxton et al., 2013). Les tortugues marines són també molt susceptibles d'enredaments en la fase adulta (Figura 10) i en el trajecte des de que surten de l'ou fins al mar (Triessing et al., 2012). Els organismes

bentònics solen caure en trapes abandonades en el fons marí (Bilkovic et al., 2014) a on la seva mort fa que serveixin d'esquer per noves víctimes.

Figura 10: Tortuga enredada



Font:

https://www.google.com/search?as_st=y&hl=ca&tbs=sur%3Af&tbm=isch&sa=1&ei=6LZcXOa-Clica-TPm5AN&q=tortuga+enredada+en+plastico&oq=tortuga+enredada&gs_l=img.3.0.0i30l3.69798.74240..75600...1.0..0.268.1501.16j0j1.....0....1..gws-wiz-img.....0j0i67j0i19j0i30i19j0i8i30.-6MFQHQCylQ#imgrc=FogwzbrbC1aWyM: [Data consulta: 09-01-18] [public domain]

Altres factors importants que determinen el risc potencial d'enredament amb plàstics a part de la morfologia del cos de l'animal són el comportament i l'edat. Per exemple, el comportament juganer d'alguns mamífers com els dofins pot incrementar el risc d'enredament amb escombraries flotants (Laist, 1987). L'edat és un altre factor important, ja que els individus més joves són els més juganers i immadurs, amb més risc d'enredar-se. Per exemple, s'ha demostrat que les foques més joves són atrapades per xarxes amb més freqüència que les adultes (Page et al., 2004).

Els organismes poden no patir una mort directa derivada dels enredaments, però si resultar greument afectats per les ferides o impediments generats per la xarxa o l'objecte de plàstic: falta de mobilitat, dificultats per capturar aliment, impossibilitat d'escapar dels depredadors, etc. (Laist, 1997). Les malformacions i problemes de creixement i desenvolupament causats per emmallament o enredaments afecten a la flotabilitat i maniobralitat d'alguns animals, de manera que afecta significativament a la seva supervivència (Allen et al., 2012).

2) Ingesta de macroplàstics

La ingesta de plàstics per organismes marins és menys evident que els enredaments però no menys important (Laist, 1997). Els plàstics es confonen amb aliment, provocant així una disrupció estomacal o alterant la reproducció (Bjorndal, et al., 1994). Des de sempre els mamífers marins com les tortugues i els ocells han sigut testimonis mortals d'aquestes afeccions (Deudero i Alomar, 2015), però cada vegada

hi han més organismes afectats, incloent espècies invertebrades (Anastasopoulou et al., 2013). Altres casos de mamífers documentats amb ingesta de plàstic són els dofins i catxalots (Denuncio, et al., 2011). Fins i tot s'han detectat casos d'espècies de valor comercial com la cavalla, la tonyina del Mediterrani i el bacallà de l'Atlàntic (Brate et al., 2016). El nombre d'espècies de mamífers marins afectats per aquesta causa ha augmentat de 143 (33%) a 233 (44%), especialment en el cas de les aus la presència de plàstics al tub digestiu es cada vegada major (Buxton, et al., 2013). En total s'estima que més de 1.300 espècies, com cetacis, peixos, aus i taurons s'han vist afectats per l'impacte dels plàstics.

En qualsevol dels casos, tenir una dieta especialitzada no sembla ser la solució per evitar la ingesta de plàstics. Existeixen diversos estudis en els que es demostra que tan ocells com taurons han mossegat trossos de plàstic, fet que fa pensar en que els han confós per aliment. (Carson et al., 2013). En el cas dels mamífers marins, tan les balenes (estratègia filtradora), com els dofins (animals dentats que utilitzen la ecolocalització per capturar les seves preses), poden ingerir la mateixa quantitat de plàstics (Baulch i Perry, 2014; Laist, 1997). Fins i tot en les aus, un estudi recent centrat en albatros i petreles, ha demostrat que aquests són més propensos a ingerir plàstic a causa de la seva capacitat per identificar el sulfur de dimetil (DMS), un bioquímic compost que segrega el fitoplàncton en descomposició i que els ha indicat tradicionalment on es trobava l'aliment (Savoca, et al., 2016). Donat que les escombraries marines estan en contacte amb el mar i s'impregna també d'aquesta olor, això els porta a ingerir cinc vegades més de plàstic que altres espècies que no compten amb aquesta estratègia alimentària.

El color també és un factor important a l'hora de confondre el plàstic amb la presa. Passa en moltes aus marines (Day et al., 1985) o amb les tortugues marines, ja que els plàstics translúcids són més ingerits perquè semblen meduses (Schuyler et al., 2013). Igual que en el cas dels enredaments i atrapaments per macroplàstics, l'edat dels organismes sembla ser un factor significatiu a l'hora de la ingesta. Molts estudis han demostrat en aus i foques aquest fet (Gray et al., 2012; Kühn et al., 2015).

La ingesta de plàstics pot causar la mort directa a través de la obstrucció física de o produir disfuncions estomacals vàries. Els trossos de plàstic no necessiten ser excessivament grans per produir efectes negatius. Un estudi de Brandao, et al. (2011), per exemple, documenta la mort d'un pingüí causada per una perforació de la paret de l'estómac a l'ingerir una palleta. Tampoc fa falta una obstrucció total de l'estómac, sinó que la sensació d'estar saciat és suficient per fer que l'animal deixi de buscar menjar i que per falta d'aliment mori indirectament. (Sheavly i Register, 2007). De la mateixa manera la ingesta de trossos petits de plàstic similar a bosses, poden tapar la part de la superfície d'absorció de nutrients i afectar l'absorció de nutrients o generar úlceres (Hoss, et al., 1990). Les aus marines tenen probabilitats de regurgitar els plàstics ingerits, però ara bé, després poden ser ingerits per les seves cries. Pel contrari, les tortugues no tenen aquesta possibilitat, així que se'ls hi acumulen a l'estómac tot fent que pateixin problemes intestinals (Lazar i Gracan, 2011). També sol ser el cas de les balenes, com la yubarta que va arribar al Mediterrani amb 7,6 kg de plàstic a l'estómac (De Stephanis et al., 2013).

A més, la degradació dels macroplàstics ingerits en els estómacs dels organismes i la consegüent alliberació de contaminants orgànics persistents i additius que aquests contenen poden estar generant altres efectes subletals que tractarem més endavant.

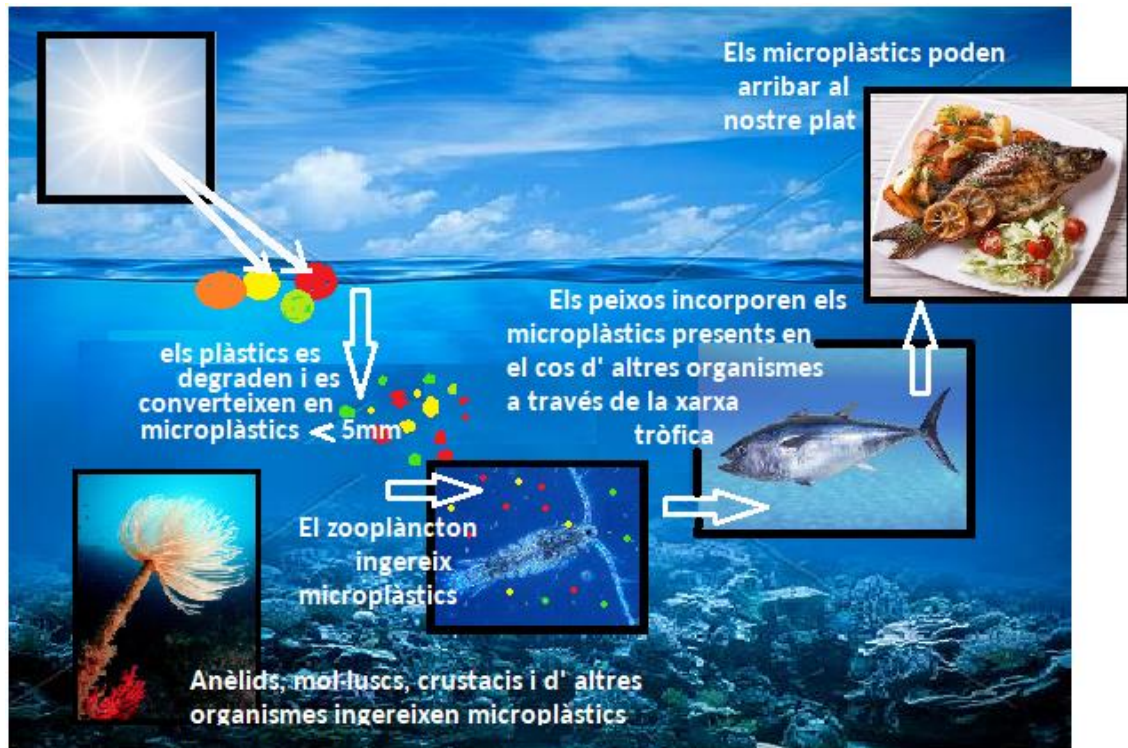
2.3.2. Problemàtica dels microplàstics

Si bé des de fa temps que s'ha documentat l'impacte de les peces grans de plàstic (macroplàstics) sobre la vida, recentment, s'ha centrat l'atenció en la problemàtica dels microplàstics. Aquests provenen de la ruptura de peces més grans o perquè es fabriquen directament d'aquesta mida (com per exemple els pèl·lets). Un estudi de Van Sebille, et al. (2015) estima la quantitat i distribució de petits fragments flotants de plàstic a nivell global. Expliquen que han utilitzat el conjunt de dades més extens fins avui per comparar tres models de circulació oceànica diferents. Segons els models, l'estimació de la massa global de microplàstics marins flotants varia substancialment entre 93.000 i 236.000 tones. I la massa de microplàstics en el mar Mediterrani varia entre 4.800 i 30.000 tones mètriques. Afegeixen que els tres models prediuen que entre un 21% i 54% de les partícules de microplàstics al món (el que equival al 5-10% de la massa global) estan en la conca del Mediterrani.

Els plàstics no perquè siguin més petits vol dir que siguin menys nocius, al contrari. En els oceans hi ha bilions d'aquests microplàstics flotant. Els efectes que provoquen aquests s'estima que poden ser encara pitjors. Precisament perquè són tan petits poden tenir impacte fins i tot en les espècies més petites que són la base de la xarxa tròfica marina. Poden ser ingerits per la fauna marina, incloent el plàncton, els crustacis o els peixos i poden causar problemes tan per la seva presència física a l'intestí com pels contaminants químics que porten.

Fins i tot poden arribar a circular al llarg de la cadena alimentària fins arribar al consum humà. Els microplàstics poden absorbir o incorporar químics i alliberar-los, els quals poden quedar als teixits de les espècies marines incorporant-se a la cadena tròfica. Es desconeixen les implicacions per la salut humana ja que encara no s'ha investigat prou. Degut al gran ventall de densitats que ofereixen els microplàstics, aquests es poden distribuir i localitzar a diferents zones de la columna d'aigua i als sediments bentònics. El coneixement de l'impacte que els microplàstics tenen sobre la biota marina encara es troba en desenvolupament, i és molta la informació que està creixent en els últims anys. La presència d'aquests plàstics pot afectar als éssers vius de diferents maneres, principalment: ser ingerits, transferir-se al llarg de la cadena tròfica (Figura 11), interaccionar en la incorporació d'altres contaminants i, finalment, proporcionar un nou hàbitat en el medi marí. No obstant, l'impacte relatiu dels microplàstics pot dependre considerablement de la seva mida. Aquells que tenen una mida d'entre 1 i 5 mm serien més susceptibles a afectar a l'alimentació i a la digestió en certs organismes, mentre que aquells de la mida de micres poden ser ingerits per petits invertebrats però també ser excretats. Alguns, a més, poden permear en les membranes cel·lulars d'alguns organismes, alterant l'estructura, activitat, i per tant, la seva funció (Watts et al., 2014).

Figura 11: Circulació de microplàstics a través de la xarxa tròfica.



Font: elaboració pròpia a partir de <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-basuras-marinas.pdf> [Data consulta: 09-01-18]

El color també és un factor que determina la ingesta de microplàstics per part de diferents espècies. S'han fet estudis que han relacionat el color i la mida dels microplàstics amb la probabilitat de ser ingerit pel zooplàncton. (Day et al., 1985; Moser i Lee, 1992). Un ampli espectre d'organismes marins, inclosos coralls, invertebrats com mol·luscs i crustacis, peixos, aus, tortugues i fins i tot cetacis, poden ingerir microplàstics, o bé incorporar-los mitjançant la ingesta de preses. Això pot comportar trastorns en l'alimentació i la digestió, així com en la reproducció, entre altres efectes com, per exemple, bloquejar els apèndixs utilitzats per obtenir menjar o ocloure el pas pel tracte intestinal d'alguns organismes, així com limitar la ingesta de menjar i per tant reduir la quantitat d'energia disponible.

D'altra banda, està assumit de manera general que els microplàstics poden actuar com vectors pel transport de compostos químics, siguin compostos directament relacionats amb la fabricació de plàstics per proporcionar certes propietats (textura, resistència a la temperatura, mal·leabilitat, estabilitat, brillantor, etc.) , o bé siguin metalls pesats i contaminants orgànics hidròfobs. S'ha comprovat que aquests compostos es concentren en polímers orgànics com els plàstics i que ho fan en gran quantitat, de forma que aquests esdevenen una gran font potencial pel medi ambient i la biota d'aquests contaminants. No obstant, el fet de que els plàstics puguin actuar com vectors de contaminants i representin un perill real en aquest sentit, depèn de varis factors: el principal és si la aportació de contaminants per part dels microplàstics i, per tant, la incorporació d'ells als organismes, és d'una magnitud rellevant en comparació amb la incorporació de contaminants per altres vies d'exposició, com el menjar, l'aigua, etc. El segon és si per certs contaminants, sobre tot en cas d'organismes que han patit

processos de bioacumulació i/o biomagnificació, la concentració que està present en els teixits de l'organisme és major que la que tenen els microplàstics, en aquell cas els microplàstics no actuarien com vectors d'incorporació d'aquest compost en concret sinó que actuarien com a embornal. El tercer factor és si la degradació dels microplàstics pot comportar que les seves propietats d'absorció i transport de contaminants varien, i per tant, vagi canviant la seva capacitat per actuar com vector.

2.3.3. Estat de la qüestió en el mar Mediterrani

El mar Mediterrani és una de les regions marítimes més investigades del món. No obstant això, la informació sobre els residus marins de la regió és encara incompleta, raó per la qual les estimacions sobre massa o quantitat de residus plàstics difereixen enormement. La disparitat en la quantitat de plàstic estimada es deu a les diferents fórmules utilitzades pels models informàtics. Per aquest motiu les estimacions, en particular les xifres més elevades, haurien de tractar-se amb cautela. L'estudi de Eriksen et al., (2014) estima la massa de residus plàstics de superfície en el mar Mediterrani en 23.150 tones; l'informe de Van Sebille, et al. (2015) calcula que la massa de microplàstics en el mar Mediterrani varia entre les 4.800 i les 30.300 tones, mentre que Cózar et al. (2015) estima que en el mar Mediterrani suren entre 756 i 2969 tones de plàstic. Malgrat aquesta variació en les estimacions, es pot considerar el Mediterrani com una zona en la qual s'acumula plàstic en la seva superfície de forma molt rellevant. El 96% de les mostres de residus a la superfície del Mediterrani són plàstics.

S'ha trobat plàstic a totes les zones marines del mediterrani: platges, costes rocoses, a la columna d'aigua i al fons marí, fins a profunditats de 3000m. El seguiment realitzat apunta a una densitat mitjana de plàstic d'1 fragment per cada 4 m² en la conca del Mediterrani, la qual cosa és comparable a l'acumulació de residus plàstics en els cinc girs subtropicals, que són zones d'acumulació que es donen per exemple en el Pacífic (Cózar et al., 2015).

Això és degut a que el Mediterrani és el mar interior més gran del món, per tant més protegit dels corrents marins, i també a que té les taxes de contaminació més altes. Anualment rep entre 400.000 i 500.000 tones de petroli i residus oliosos.

No hi ha unes zones específiques on els residus tendeixen a concentrar-se més perquè les corrents en el Mediterrani no són molt variables. Pot haver alguna zona on hi hagi més acumulació, com el nord de les Balears, però en general no es pot parlar de zones de major concentració.

Entre el 21% i el 54% de tots els fragments de microplàstics del món es troben a la conca mediterrània. Això és perquè al Mediterrani tenim el 30% del tràfic marítim i molta activitat turística. La geografia que té el mar més la pressió d'activitats humanes fa que sigui un còctel de característiques òptimes per a l'acumulació de plàstic.

2.3.4. La necessitat de buscar solucions

Per trobar solucions per frenar la contaminació per plàstics als oceans és essencial prendre mesures en els llocs d'origen d'aquests residus. A Espanya, més del 50% del plàstic acaba en abocadors sense ser reciclat, xifra que no considera el plàstic que no es diposita en cap tipus de contenidor i queda abandonat. En el cas dels envasos (l्लाunes i ampolles) aquesta xifra és encara més gran. Dels 50 milions d'envasos que es posen cada dia al mercat a Espanya cada dia, 30 milions (el 60%) es perden i passen a contaminar l'entorn.

La reducció en el consum de plàstic és responsabilitat de tots, tant dels que fabriquen el producte, els que el consumeixen i les administracions que gestionen els residus. En diversos països del món ja s'estan prenent diferents mesures per acabar amb aquest problema global. Per exemple, diversos països europeus, Canadà i diversos estats dels EUA i Austràlia, entre d'altres, ja tenen implementat un sistema de retorn d'envasos que ha demostrat que permet la recuperació de gairebé el 100% dels envasos de plàstic. També són diversos els països, com França, Marroc, Senegal, Rwanda, Mauritània o la Xina que han implementat algun tipus de prohibició de l'ús de determinades bosses de plàstic. La Unió Europea compta amb la seva pròpia Directiva sobre bosses de plàstic lleugeres, que va ser implementada a finals de novembre de 2016. En el cas de les microesferes de plàstic emprades en productes cosmètics, EUA i Austràlia ja tenen lleis que prohibeixen l'ús d'aquests components i altres països com Canadà, Dinamarca, Suècia o el Regne Unit estan en el procés. La contaminació que genera l'ús dels plàstics és un problema global i per això Catalunya i Espanya han de treballar coordinadament amb els països que estan impulsant mesures en aquest mateix sentit.

Aquestes són gestions que estan o s'haurien de realitzar per a combatre la problemàtica dels plàstics:

- 1) Mesures de gestió orientades a reduir la producció d'objectes o productes de plàstic:
 - Comprovar els ingredients dels teus cosmètics i evitar els productes amb microplàstics: polietilè (PE), polipropilè (PP), PET, PMMA i / o niló i que es duguin a terme creacions de productes ecològics.
 - Implantar prohibicions i restriccions legislatives per a productes o activitats innecessàries o nocives, començant pels casos en els quals ja existeixen substituïts viables, per exemple: l'envasament i coberteria d'un sol ús, l'embolcall de film de plàstic en supermercats i les microesferes de plàstic en cosmètics.
- 2) Mesures orientades a incrementar la reducció de producció de residus plàstics:
 - Eliminar l'abandonament d'envasos i garantir el seu correcte reciclatge mitjançant la implementació de sistemes de retorn d'envasos.

- Evitar les bosses de plàstic d'un sol ús. Utilitzar bosses de roba, cistelles o carros.
 - Prioritzar la compra d'ampolles i envasos reutilitzables i / o retornables.
 - Fomentar mesures basades en l'economia circular, que apostin per la reutilització de la matèria primera i nous materials amb menor impacte ambiental.
 - Rebutjar envasos i estris d'un sol ús com gots, coberts o palletes.
 - Dipositar els residus plàstics al contenidor adequat. Evitar articles amb excés d'embalatge. I prioritzar els productes a granel.
 - Investigar el disseny de sistemes de producció i distribució (per a l'envasament) amb la finalitat de facilitar la reutilització, reparació, re manufactura
 - Augmentar la transparència sobre quines substàncies químiques contenen els plàstics; amb la finalitat d'ajudar a prendre decisions de remanufacturació i reciclatge.
- 3) Mesures orientades a la retirada de residus plàstics del medi:
- En aquest sentit de recollida de residus destacaria la iniciativa del jove inventor de 24 anys, Boyan Slat, que ha inventat un sistema per recollir els plàstics dels oceans anomenat "The ocean cleanup". Aquest crea una línia costera artificial on no la hi ha, captura el plàstic i després el plàstic es retira d'aquesta. El sistema consisteix en un flotador de 600m de llarg que es troba a la superfície de l'aigua i una faldilla cònica de 3m de profunditat a sota. D'aquesta manera captura el plàstic usant solament les forces oceàniques naturals, les onades.
- 4) Mesures orientades a reduir l' impacte dels plàstics sobre el medi i els animals marins:
- Proporcionar més informació sobre la composició plàstica dels productes i el temps que triga cada tipus de plàstic a degradar-se en el medi marí.
 - Reduir l'enviament de plàstics per al seu reciclatge a Xina i altres regions on hi ha grans fugides de residus a rius i oceans, prioritzant sistemes de reutilització de plàstics.
 - Invertir en infraestructura i serveis (en els ports) de recollida de residus, en instal·lacions de depuració d'aigües i en infraestructura de gestió de residus, utilitzant un enfocament comunitari de "residu zero" per evitar la dispersió de residus al mitjà marí; especialment en àrees costaneres o properes a rius.
 - Aquí es destacaria el CRAM, que com ja hem explicat, és el Centre de Recuperació d'Animals Marins. Aquesta institució, però, és explicada amb detall en un altre punt.

- 5) Mesures orientades a la sensibilització de la població (molt relacionades amb el que ja s'ha dit als apartats anteriors però destinades a aconseguir el recolzament dels ciutadans en totes elles):
- La Campanya “Plàstic zero” i el moviment “breakfreefromplastic”, entre d'altres, han ajudat a sensibilitzar a la ciutadania sobre l'impacte del plàstic als oceans i mars.

2.3.4.1. El Conveni de Barcelona

Vint estats costaners mediterranis i la Comunitat Europea són parts contractants del Conveni de Barcelona per a la Protecció del Mitjà Marí i de la Regió Costanera del Mediterrani (Barcon). No obstant, més de 20 anys d'actuacions de Barcon no han aconseguit prevenir la degradació de l'ecosistema mediterrani; s'han emprat massa esforços a mesurar el nivell de contaminants i la seva localització, i cap a combatre'ls. En els anys 90, la participació d'organitzacions no governamentals, incloent Greenpeace, va ajudar al fet que Barcon se centrés més a prevenir la contaminació que a controlar-la; també va aconseguir que en l'estructura legal del PAM (Pla d'Acció del Mediterrani) s'incloguessin termes com el Principi de Precaució i Producció Neta, en línia amb les polítiques de desenvolupament sostenible de la Cimera de la Terra a Rio de Janeiro en 1992.

Ara el repte és que els protocols de Barcon entrin en vigor. Perquè els governs mediterranis adoptin una legislació a nivell nacional d'acord amb els objectius de Barcon, cadascun dels protocols ha de ser signat per un determinat percentatge de les parts contractants. Sis anys després que se signessin les esmenes a Barcelona, dotze de les vint-i-una parts contractants encara no han ratificat aquestes esmenes.

2.3.4.2. Mesures de gestió orientades a la sensibilització de la població

Al juliol de 2016, un grup d'organitzacions no governamentals i persones d'arreu del món es van reunir a Tagaytay, Filipines, per a crear una estratègia per a un moviment global per acabar amb la contaminació plàstica planetària. El resultat és una campanya anomenada Break Free From Plastic.

Signat per més de 100 grups mediambientals importants, inclosos Greenpeace, Oceana, Surfrider Foundation, Zero Waste Europa, The 5 Gyres Institute, GAIA i The Story of Stuff Project, la promesa oficial d'unir-se al moviment #BreakFreeFromPlastic recolza una visió per a un món molt diferent a la que vivim actualment.

Aquesta institució vol fer un canvi sistèmic a través d'un enfocament integral que abordi la contaminació plàstica, centrant-se en la prevenció en lloc de la cura, i proporcionant solucions efectives. Per a fer-ho tenen tres estratègies: eliminar l'ús del plàstic no essencial pel 2030, acabar amb el vessament de plàstic en països vulnerables de forma immediata i fer créixer el mateix moviment per garantir un planeta sense plàstic.

2.3.4.3. Campanya “Plástico Cero”

Observadors del mar és una institució que recopila experiència i observacions de ciutadans sobre fenòmens que ocorren en el mar, per fer recerca marina. Es recull informació sobre distribució i abundància d'espècies comunes, aparició d'espècies marines, o presència de problemes sobre l'ecosistema. Les dades recollides són utilitzades en els projectes de recerca per comprendre millor els efectes que l'escalfament global, la contaminació, els canvis de biodiversitat, les invasions d'espècies exòtiques i la sobrepesca estant tenint sobre el mar.

Aquesta plataforma, coordinada des de l'Institut de Ciències del Mar de Barcelona (CSIC), compta amb la participació d'experts de diferents centre de recerca internacionals i nacionals que validen i comenten les observacions rebudes. Així la web es converteix en un punt de trobada entre ciutadans i científics, i té com a objectiu ampliar el coneixement en comú.

Plástico Cero és un dels projectes que du a terme la organització d'Observadors del mar, amb la qual hem col·laborat per realitzar la investigació sobre l'impacte presencial de micro i mesoplàstics a les costes catalanes. L'objectiu és fer un diagnòstic de la presència i variabilitat de micro i mesoplàstics a les platges, alhora que es produeix un intercanvi de coneixements, treball conjunt i diàleg amb els científics, obrint-se així una via de creació de coneixement al costat de la ciutadania. S'han realitzat centenars de mostres a les platges, campanyes de neteja, xerrades a escoles, conferències en congressos, publicacions acadèmiques, etc. Des de llavors, moltes agències, institucions i persones s'han sumat a l'esforç comú. Després es va decidir ampliar la zona de recerca amb aquesta plataforma de ciència ciutadana. Això ha fet que milers de ciutadans hagin compartit les seves dades que han sigut útils per tenir una visió global de la situació actual dels oceans, mars i costes.

Els usuaris que participen en aquest projecte o en aquesta campanya fan una sèrie de mostres, seguint el protocol que faciliten, al llarg dels mesos per tal de quantificar i determinar la concentració de micro i mesoplàstics a les costes (principalment de Catalunya). Normalment hi participen les escoles, i els científics que col·laboren amb aquesta organització validen i estudien els resultats obtinguts.

2.3.4.4. Centre de Recuperació d'Animals Marins (CRAM)

La Fundació CRAM és una entitat privada sense ànim de lucre dedicada a la protecció del medi marí i de les espècies que l'habiten. Les seves línies d'actuació són la clínica i el rescat de fauna marina, la investigació i conservació d'espècies i ecosistemes marins, i la sensibilització a favor de la conservació dels nostres mars i oceans. El CRAM disposa d'un centre de recuperació punter i un equip tècnic i humà preparat especialment per a l'assistència a espècies marines. A més, compta amb el Vell Marí, un dels pocs velers científics dedicats a l'exploració del medi marí.

La seva “missió” és la protecció de la biodiversitat marina davant d'amenaques globals, a través d'accions locals.

El CRAM va ser el primer centre de recuperació d'animals marins de la Mediterrània. L'any 1991, a causa d'una epidèmia virulenta que provocà la mort de centenars de dofins, la història del CRAM va començar. Aquella desventura va portar al descobert la manca de coneixements i infraestructures per a assistir a espècies marines protegides. L'experiència va marcar de manera tal que llavors es van oferir voluntaris a la Generalitat de Catalunya per a ajudar i donar respostes clíniques als animals marins en perill del litoral català.

Tot i les dificultats administratives que el CRAM va experimentar, el 12 de juliol de 1994 es va inaugurar oficialment el Centre de Recuperació d'Animals Marins de Catalunya (CRAMC), essent així el primer centre d'aquestes característiques en la Mediterrània. No obstant això, el centre disposava de tants pocs recursos que només era viable gràcies a l'altruisme i al voluntariat, i per tant, no permetia obrir noves línies d'investigació ni desenvolupar projectes educatius ni de sensibilització. Per aquest motiu, es va considerar necessària la creació de la Fundació per a la conservació i recuperació d'animals marins (CRAM), que es va constituir l'octubre de 1996.

En els 20 anys d'història d'aquesta entitat han rescatat i retornat al seu medi més de 600 tortugues, han atès més de 400 dofins, han dut a terme més de 50 projectes científics i de conservació i més de 1000 persones han participat en el seu programa de voluntariat.

La seva presència ha estat constant en congressos internacionals i pertanyem a la principals associacions de conservació (UICN, IAAAM, ECS, ...). Alhora, les seves activitats han rebut sempre cobertura mediàtica, cadenes nacionals, autonòmiques, ràdio, premsa i han contribuït decisivament a fer més efectiva la nostra tasca de sensibilització i divulgació.

Des dels seus inicis han mantingut una estreta col·laboració amb el món universitari. Més de 30 alumnes realitzen pràctiques reglades a la Fundació CRAM cada any, i grans corporacions i entitats governamentals porten anys confiant en ells perquè porten a terme projectes científics i educatius de gran impacte.

2.4. BIOLOGIA DELS PRINCIPALS ORGANISMES ESTUDIATS

2.4.1. Tortuga Careta (*Caretta caretta*)

La tortuga Careta (Figura 12) és la més comuna entre les que habiten en les costes i aigües marines del mediterrani. És una espècie solitària i migratòria i molt sovint entra des de l'oceà Atlàntic i s'hi estableix durant llargs períodes de temps abans de tornar al seu lloc d'origen. Aquestes tortugues es troben per tota la conca Mediterrània. Els seus hàbitats favorits canvien al llarg del seu cicle vital: els més joves es troben generalment vaguejant per les corrents oceàniques càlides i els adults es solen trobar a prop d'aigües costeres i les femelles van breument a les platges a posar els ous.

Avui dia, la major part de platges de nidificació es troben a Grècia, Turquia, Xipre i Líbia. En tot el Mediterrani, la quantitat mitja de nius documentats és de 7.200 a l'any (dades del 2010). No obstant, s'està veient que aquest número està en descendència.

La espècie és carnívora i la seva alimentació es basa en meduses, marisc, crancs i inclús peix. La longitud mitja de les femelles adultes és d'entre 66 a 85 centímetres.

Figura 12: Tortuga Careta



Font: <https://pixabay.com/es/tortuga-mar-boba-reptil-nataci%C3%B3n-699586/> [Data consulta: 14-02-18] [public domain]

Algunes de les seves amenaces són les captures accidentals de l'art de la pesca, la captura directa, la ingesta de residus i la pèrdua i degradació dels seus llocs de nidificació. Tots aquests fets li atorguen a la tortuga Careta un lloc a la llista vermella de la UICN (Unió Internacional per a la Conservació de la Naturalesa). Això indica que es troba en un estat de perill.

2.4.2. Artèmia Salina (*Artemia salina*)

Els crustacis constitueixen un grup molt heterogeni i molt divers, doncs resulta molt difícil fer una descripció. Tot i així, tenen com a característiques comunes tenir potes articulades, el cos segmentat, respirar per brànquies i tenir dos parells d'antenes. A més, s'hi poden distingir tres regions en el cos: el cap, l'abdomen i el tòrax (Figura 13).

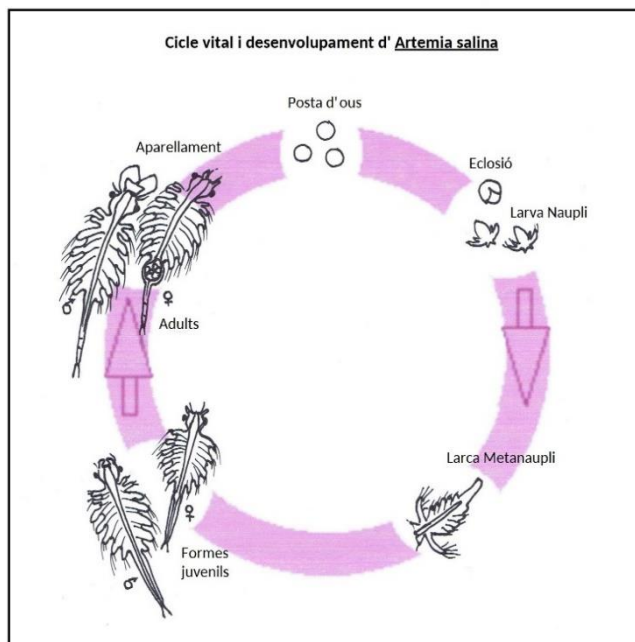
Existeix una gran varietat de subgrups en els crustacis però els més petits, els crustacis que s'alimenten de les petites algues del plàncton s'anomenen zooplàncton. En aquest grup podríem trobar a la Artèmia Salina, ésser de color vermellós i translúcid que arriba a tenir una longitud de fins 12 mil·límetres. Com és un crustaci filtrador, s'alimenta bàsicament de bacteries, algues unicel·lulars, i petits protozous. L'Artèmia pertany a l'ordre Anostraca i està dins de la família dels Artemidae. Com que forma part del zooplàncton i està en el segon nivell tròfic de les cadenes alimentàries, els seus ous, convenientment liofilitzats, es venen a les botigues tal com vam fer nosaltres per a la realització dels nostres experiments.

La temperatura òptima de l'artèmia per a la seva reproducció és d'entre 25 a 32°C. Quan les condicions ambientals són adverses, els ous d'artèmia esdevenen ous de resistència gracies a les glàndules existents, que segreguen una protecció que envolta l'ou. Una vegada els ous són dessecats, l'embrió entra en criptobiosis. Posteriorment, la femella expulsa del seu úter aquests ous. Quan les condicions són favorables, l'ou s'hidrata, l'embrió es desenvolupa i es trenca l'ou, just abans de que surtin els nauplis. Aquest creix consumint algues i bacteris fins arribar al seu estat adult.

L'artèmia salina conté importants quantitats de proteïnes altament digeribles, vitamines i beta-carotè; substància que realça i intensifica els colors en alguns peixos i aus. Aquestes propietats converteixen a l'artèmia salina en un aliment clau i insubstituïble en la cadena tròfica d'aiguamolls.

Aquesta espècie pot viure amb graus de salinitat molt variables, i sovint alts. Aquest privilegi li concedeix la oportunitat d'adaptar-se en el medi de forma àmplia i, lògicament, els científics la utilitzen com a organisme model. L'organisme model és aquell organisme fàcil de mantenir i reproduir en un entorn de laboratori i que proporciona aventatges experimentals particulars. S'usen així per a investigar i obtenir informació sobre altres espècies que són més difícils d'estudiar directament.

Figura 13: Artèmia Salina creixent i en estat adult



Font: elaboració pròpia a partir de https://lh5.googleusercontent.com/-rff4QfMeGm0/Uopo4Z_VsII/AAAAAAAAABWI/QIQc8TB-7ZM/s658/ciclo_artemia.jpg [Data consulta: 14-02-18]

Font: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Artemia_monica.jpg [Data consulta: 14-02-18] [públic domain]

3. TREBALL DE CAMP

3.1. ESTUDI DE L' IMPACTE PRESENCIAL DE MICROPLÀSTICS I MESOPLÀSTICS A LA COSTA CATALANA

3.1.1. Introducció

Tal com hem exposat a la introducció general, amb l'objectiu d'estudiar la concentració de microplàstics i mesoplàstics a les costes catalanes, ens hem posat en contacte amb la organització "Observadors del Mar", que porta a terme la campanya "Plàstic cero", per tal d'incorporar la seva metodologia de treball de camp i d'establir un intercanvi de dades entre les que hem obtingut nosaltres directament a la platja de la Barceloneta al llarg de 7 mesos i les enregistrades per aquesta organització en la seva base de dades.

3.1.2. Hipòtesis

Les nostres hipòtesis respecte a la presència de microplàstics i mesoplàstics a la costa catalana són aquestes:

h1: "La presència de micro i mesoplàstics està en augment a les costes catalanes".

h2: "La composició de micro i mesoplàstics a la platja varia al llarg dels mesos de l'any"

h3: "Les poblacions costaneres amb un major nombre d'habitants tenen en la seva platja una major concentració de micro i mesoplàstics a la sorra, i presenten diferències en la seva composició i distribució."

h4: "Existeix una correlació entre l'afluència de turisme i la concentració de plàstics a les platges de les poblacions costaneres".

3.1.3. Objectius

1. Analitzar quins tipus de microplàstics i de mesoplàstics hi ha a la platja de la Barceloneta, a partir dels nostres mostrejors, realitzats al llarg de 7 mesos, i quantificar les corresponents concentracions de partícules.
2. Analitzar estadísticament si aquesta concentració va en augment al llarg del temps.
3. Analitzar quins tipus de microplàstics i de mesoplàstics hi ha a la platja de la Blanes, a partir de les dades dels arxius del Projecte Plàstic zero, en el mateix període del nostre mostreig a la Barceloneta, i quantificar les corresponents concentracions de partícules.
4. Analitzar estadísticament si hi ha correlació entre la mida de la població i la concentració de micro i mesoplàstics presents a la platja.

5. Analitzar estadísticament si hi ha correlació entre el turisme i la concentració de micro i mesoplàstics presents a la platja.

3.1.4. Metodologia

D'acord amb els organitzadors de la campanya "Plàstic zero", vàrem decidir centrar aquesta part de l' estudi a la platja de la Barceloneta de Barcelona. Vàrem decidir de fer un mostreig mensual, entre desembre de 2017 i juny de 2018, recollint en cada mostreig mostres de 10 parcel·les distribuïdes aleatòriament al llarg de 100 m de la platja. Vam seguir el protocol establert per *Plástico Cero* (accessible a <http://plastico0.org/?q=es/node/5>)

Posteriorment, al laboratori, analitzàvem la sorra, extrèiem les partícules de meso i microplàstics amb unes pinces, les classificàvem segons les categories adoptades per *Plástico Cero* i les pesàvem amb una balança de precisió. Finalment, compartíem les dades amb la organització. A canvi, aquesta ens facilitava la consulta de la seva base de dades per a accedir a les dades dels mostrejos realitzats per d' altres estudiants a la platja de Blanes; un municipi de la costa catalana de menys població que Barcelona del qual es disposava de dades d' un període de temps coincident amb el del nostres mostrejos a la Barceloneta.

Per classificar el plàstics s'ha utilitzat la plantilla de classificació de microplàstics i la plantilla de classificació de mesoplàstics proposada pel projecte *Plástico Cero*.

Posteriorment hem sotmès les dades de la Barceloneta procedents dels nostres mostrejos i les de Blanes, procedents de la base de dades de *Plástico Cero*, a diverses anàlisis estadístiques i proves de contrast per a comprovar les nostres hipòtesis.

A continuació passem a descriure amb detall els procediments emprats, tot estructurant-los en dues parts: 1) mostreig i anàlisi de sorra, i 2) anàlisi estadística de les dades.

3.1.4.1. Mostreig i anàlisi de sorra

Mostreig

Calendari de mostreig: una vegada al mes (des de desembre de 2017 fins a juny de 2018).

Obtenció de mostres: S' ha fet segons el protocol internacional que utilitza l' organització *Plástico Cero*:

1. Identificar la línia de marea i distribuir i delimitar les parcel·les de 50cmx50cm, que incloguin la línia al mig, al llarg dels 100m (a les parcel·les que segueixen la línia de marea s'assignarà la lletra A). És molt important de no trepitjar la línia de la zona que mostrejarem ni l'interior de les parcel·les.
2. Recollir la sorra superficial seguint el relleu. Només s'ha de recollir una capa d'uns 2cm com a màxim.

3. Introduir la sorra a les bosses xip. Aquestes s'hauran de marcar amb el nom de la platja, la data i el codi de parcel·la
4. Portar les mostres al laboratori per a analitzar-les.

El material emprats han estat:

- Cinta mètrica
- Pala de jardineria
- Bosses zig-zag
- Retolador permanent

Anàlisi de les mostres de sorra

S'ha fet segons el protocol internacional que utilitza l'organització Plàstic Zero:

1. Preparar la taula de treball: posar el paper secant com a mantell per si cau algun microplàstics o sorra, col·locar 3 safates (una per a cada persona i l'altre per deixar la sorra ja analitzada), pinces i dues càpsules de petri per a deixar els micro i mesoplàstics.
2. Abocar una petita quantitat de sorra a la safata. Anar extraient els microplàstics i els mesoplàstics amb les pinces.
3. Tots els microplàstics (menys de 5mm, que càpiguen als quadrades de la plantilla) trobats en aquella parcel·la es guardaran separats dels mesoplàstics (més de 5mm, que no càpiguen als quadrades de la plantilla).
4. Els microplàstics s'hauran de classificar amb la plantilla de *Plástico Cero* segons si són rígids, esponjosos o pel·lets. Els mesoplàstics segons si són burilles, varetes, fibres, laminats, rígids o esponjosos. Cada fragment de plàstic s'ha de posar en un requadre diferent per tal de visualitzar-los millor després.
5. Fer una foto de cada full un cop acabada la classificació.
6. Repetir el mateix procediment amb les altres 9 parcel·les.
7. Penjar les fotos dels micro i mesoplàstics de cada parcel·la, disposats sobre les corresponents plantilles o graelles de classificació segons tipologies, al drive compartit de *Plástico Cero*:
<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B801qkejEQgIWm9xVmotQ3loZG8>
(En el nostre cas hem penjat les fotografies dintre de la carpeta "Barceloneta, Mostreig 2017-2018". Allà hem creat una carpeta per a cada dia de mostreig amb la data i el nom del nostre centre educatiu. Dins de la carpeta del mostreig corresponent hem creat 10 carpetes més (1 per cada parcel·la, anomenant-les A1, A2... fins a l'A10). A cada carpeta hem penjat les dues fotos: La dels microplàstics i la dels mesoplàstics disposats sobre les corresponents graelles de classificació.
8. Peser tot el microplàstics i mesoplàstics del mateix dia de mostreig. És a dir, juntar els microplàstics de les 10 parcel·les d'un mostreig i pesar-lo. Fer el mateix amb els mesoplàstics.
9. Penjar les dues fotos a la pàgina web de Observadors del mar-Plástico Cero. (<http://www.observadoresdelmar.es/proyecto-8.php>)

El material emprats han estat:

- Paper secant
- 3 safates de dissecció
- Pinces
- 2 càpsules de petri
- Plantilla o graella de classificació de microplàstics
- Plantilla o graella de classificació de mesoplàstics

3.1.4.2. Anàlisi estadística de dades

L'anàlisi estadística de les dades l'hem fet amb el programa *IBM SPSS Statistics 23*. Cal tenir en compte que l'anàlisi només s'ha pogut fer de 6 mesos (desembre'17, gener'18, febrer'18, abril'18, maig'18 i juny'18) enlloc de 7 com havíem previst, ja que es va perdre la mostra del mes de març. Prèviament, hem fet una taula amb les concentracions de la composició de micro i mesoplàstics per m² de cada mes i el percentatge que representen. Per saber la concentració per m² hem comptat les partícules de cada tipus de les fotografies de les plantilles de classificació (carpeta drive *Plàstic Cero*) i hem multiplicat el resultat per 0,25, ja que a la quadrícula surten les partícules per 50cm² (parcel·les de 50cmx50cm).

Per tal de comprovar si els valors que comparem presenten diferències significatives o no, farem proves de contrast d'hipòtesi; i, per tal de determinar quin tipus de prova elegim, hem hagut d'esbrinar abans si les dades de les concentracions mitjanes de microplàstics obtingudes presenten una distribució aleatòria, normal i homocedàstica. Per tal de determinar si són aleatoris hem fet la Prova de Ratxes, els resultats de la qual mostren que la seqüència de valors dels plàstics rígids és aleatòria (p. Valor = 1,36), mentre que els de la seqüència de valors dels esponjosos i dels pel·lets no es poden calcular. Com la majoria de plàstics són fragments rígids, podem determinar que la seqüència de valors dels microplàstics totals és aleatòria (p. Valor = 1,56). Per a determinar si són normals, hem fet la prova de Kolmogorov-Smirnov, els resultats de la qual mostren que la distribució de plàstics rígids no és normal (p. Valor < 0,05), la distribució d'esponjosos no és normal (p. Valor = < 0,05), la distribució de pel·lets no és normal (p. Valor < 0,05) i la distribució de microplàstics no és normal (p. Valor < 0,05). Donat que no compleixen la condició de normalitat ja no hem fet la prova de l'homocedàstica i resolem que haurem d'aplicar les proves de contrast d'hipòtesis no paramètriques.

Hem fet el mateix amb les dades de les concentracions mitjanes de mesoplàstics obtingudes: La prova de Ratxes i la prova de Kolmogorov-Smirnov. Segons la primera, només la seqüència de valors dels plàstics rígids (p. Valor > 0'05) i la total de mesoplàstics (p. Valor > 0'05) són aleatòries, les altres (burilles, fibres, varetes, laminats i esponjosos) no es poden calcular. D'altre banda, la prova de Kolmogorov-Smirnov indica que cap distribució de mesoplàstics és normal. Per tant, al igual que les dades de microplàstics, les de mesoplàstics tampoc compleixen els requisits per ser

analitzades amb proves paramètriques i s'han d'analitzar amb proves no paramètriques, com les de Kruskal-Wallis o la U de Mann-Whitney.

Primer ens hem centrat en la comparació de les dades que hem obtingut exclusivament amb els mostrejos realitzats per nosaltres a la platja de la Barceloneta. Per tenir una visió general de la concentració de micro i mesoplàstics al llarg dels mesos hem fet una exploració de dades, amb la qual podem saber la mitjana i la desviació estàndard de cada tipus de micro i mesoplàstic en tots els mesos (desembre, gener, febrer, abril, maig i juny). Amb aquestes dades esperem veure l'evolució de la concentració de plàstic al llarg dels mesos.

Per investigar la primera hipòtesi (h1: la presència de micro i mesoplàstics està en augment a les costes catalanes) ho hem fet amb la prova de Kruskal-Wallis, la qual ens permet fer una comparació de cada tipus de microplàstics, i, per separat, de cada tipus de mesoplàstics, al llarg de tots els mesos i veure si realment la presència està en augment o no.

Per investigar la segona hipòtesi (h2: la composició de micro i mesoplàstics no és la mateixa al llarg dels mesos) hem utilitzat la prova de U de Mann-Whitney". Aquesta ens permet fer una comparació de cada tipus de microplàstics i mesoplàstics (per separat) entre dos mesos. Tant pels microplàstics com pels mesoplàstics hem comparat cada tipus entre: desembre-gener, desembre-febrer, desembre-abril, desembre-maig i desembre-juny; gener-febrer, gener-abril, gener-maig i gener-juny; febrer-abril, febrer-maig i febrer-juny; maig-juny. Un cop comparades les nostres pròpies dades de la Barceloneta, hem volgut fer una comparativa entre aquestes i les dades de Blanes procedents de la base de dades de *Plàstic Cero*.

Per contrastar la tercera hipòtesi (h3: existeixen diferències en la composició, distribució i tipus entre platges més o menys poblades, Barceloneta i Blanes) hem aplicat la prova de U de Mann-Whitney. Només ha estat possible fer la comparativa dels mesos de febrer i maig del 2018, ja que els altres de Blanes encara no estan disponibles. En el cas dels microplàstics, s'ha comparat la distribució de cada tipus i del total durant el mes de Febrer en ambdues platges. Després s'ha fet la mateixa comparativa amb les dades del mes de maig. En el cas dels mesoplàstics s'ha fet exactament el mateix; s'ha comparat la distribució de cada tipus i del total de meso durant el mes de febrer a la platja de la Barceloneta i a la platja de Blanes, i després s'ha fet la mateixa comparativa en el mes de maig.

Finalment, per contrastar la quarta hipòtesi (h4: existeix una correlació entre el turisme i la concentració de plàstics a la costa de Blanes i Barcelona) hem fet la prova Rho de Spearman. Hem utilitzat les dades de turisme (només viatgers en establiments hotelers) de Barcelona i de Blanes de tots els mesos estudiats, extretes de la pàgina web <http://www.idescat.cat/indicadors/?id=conj&n=10289&lang=es&t=201806> Per tal d'analitzar la correlació, hem utilitzat les dades de les concentracions de micro i de mesoplàstics de la platja de la Barceloneta i la de Blanes de tots els mesos mostrejats (en el cas de Blanes, només els que estaven disponibles: febrer, març i maig).

3.1.5. Resultats

En primer lloc presentem els resultats obtinguts de presència de plàstic a la platja de la Barceloneta classificats per la seva mida (microplàstics, mesoplàstics i macroplàstics) segons el recompte de número de partícules/ m² (Taula 1). Hem incorporat els macroplàstics, tot i ser més excepcionals i no formar part del nostre estudi, per completar la descripció i aportar totes les dades a *Plástico Cero*. A continuació presentem la concentració en grams g/m² recollit en els diferents mesos de mostreig (Taula 2). En tercer lloc, la Taula 3 recull la mitjana i desviació estàndard de la concentració de partícules/m² de microplàstics i mesoplàstics en els diferents mesos de mostreig amb l'objectiu d'establir comparacions amb les dades de Blanes. No s'ha fet el càlcul per a la concentració en g/m² perquè no ens ha estat possible establir la comparativa amb Blanes al no disposar de les dades.

Taula 1: Recompte de plàstics en partícules/m² a la platja de la Barceloneta

Mostreig	Parcel·la	Microplàstics				Mesoplàstics				Macroplàstics				Total
		R	E	P	T	B	F	V	L	R	E	T	T	
18/12 (2017)	A1	36	0	0	36	0	0	0	0	4	0	4	0	40
	A2	52	0	0	52	0	0	0	4	8	0	12	0	64
	A3	4	0	0	4	0	0	0	0	4	0	4	0	8
	A4	12	4	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	A5	32	0	0	32	0	0	0	4	12	0	16	0	48
	A6	32	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	4	36
	A7	64	0	0	64	0	0	0	0	4	0	4	0	68
	A8	28	0	0	28	0	0	4	0	4	0	8	4	40
	A9	28	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	A10	40	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	40
	Total	328	4	0	332	0	0	4	8	36	0	48	8	388
13/ 01 (2018)	A1	28	0	0	28	0	0	0	0	4	0	4	0	32
	A2	44	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	A3	48	0	0	48	0	0	0	0	4	0	4	0	52
	A4	80	0	0	80	0	0	0	0	4	0	4	0	84
	A5	24	0	8	32	0	0	0	12	0	0	12	0	44
	A6	28	0	0	28	0	0	0	0	8	0	8	0	36
	A7	24	0	0	24	0	0	0	0	4	0	4	4	32
	A8	68	0	0	68	0	0	0	4	4	0	8	0	76
	A9	52	0	0	52	0	0	0	4	8	0	12	0	64
	A10	44	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	44
	Total	440	0	8	448	0	0	0	20	36	0	56	4	508
03/ 02 (2018)	A1	16	0	0	16	20	8	8	8	20	8	72	4	92
	A2	48	0	0	48	8	0	0	0	0	0	8	0	56
	A3	4	0	0	4	4	0	0	12	0	0	16	0	20
	A4	16	0	0	16	0	0	0	12	0	0	12	0	28
	A5	12	0	0	12	0	4	0	0	0	0	4	0	16
	A6	28	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	28

A7	44	0	0	44	0	0	4	16	0	0	20	4	68	
A8	24	0	0	24	0	0	0	4	0	0	4	0	28	
A9	12	4	0	16	0	0	0	8	0	4	12	0	28	
A10	12	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
Total	216	4	0	220	32	12	12	60	20	12	148	8	376	
<hr/>														
28/04 (2018)	A1	152	0	0	152	0	4	4	4	88	0	100	0	252
	A2	180	0	16	196	4	8	0	16	76	104	4	304	
	A3	88	0	0	88	0	16	0	12	88	0	116	0	204
	A4	24	0	0	24	4	8	0	0	28	0	40	0	64
	A5	24	0	0	24	0	0	0	2	4	0	6	0	30
	A6	12	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	A7	28	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	4	32
	A8	32	0	0	32	4	0	0	4	0	0	8	0	40
	A9	48	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	4	52
	A10	24	0	0	24	4	0	0	0	0	0	4	0	28
Total	612	0	16	628	16	36	4	38	284	0	378	12	1018	
<hr/>														
05/05 (2018)	A1	8	0	4	12	0	0	0	0	0	0	4	16	
	A2	32	0	0	32	0	0	0	8	4	0	12	44	
	A3	40	0	0	40	0	0	0	0	4	0	4	44	
	A4	40	0	0	40	0	0	0	0	8	0	8	48	
	A5	16	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	
	A6	16	0	0	16	0	0	0	4	4	0	8	24	
	A7	8	0	16	24	4	0	0	0	4	0	8	32	
	A8	40	0	0	40	0	0	0	0	12	0	12	52	
	A9	32	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	32	
	A10	8	0	40	48	0	0	0	0	8	0	8	60	
Total	240	0	60	300	4	0	0	12	44	0	60	8	368	
<hr/>														
28/06 (2018)	A1	12	0	8	20	0	0	0	4	0	4	0	24	
	A2	12	0	0	12	0	0	0	4	0	0	4	16	
	A3	104	0	0	104	4	0	0	0	4	8	0	112	
	A4	20	0	0	20	0	0	0	24	0	0	24	44	
	A5	76	0	8	84	0	0	0	4	12	0	16	100	
	A6	44	0	0	44	0	0	4	0	0	0	4	48	
	A7	8	0	0	8	0	0	0	12	8	4	24	32	
	A8	20	0	4	24	4	0	0	16	0	0	20	44	
	A9	8	0	0	8	0	0	0	16	4	0	20	28	
	A10	8	0	0	8	0	0	4	20	8	0	32	40	
Total	312	0	20	332	8	0	8	96	36	8	156	0	488	

Microplàstics: R: Rígid; E: Esponjosos; P: Pel·lets // Mesoplàstics: B: Burilles; F: Fibres; V: Varetes; L: Laminats; R: Rígid; E: Esponjosos // T: Total //

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Taula 2: Concentració de plàstic en g/m² a la platja de la Barceloneta

Mostreig	Microplàstics grams/m ²	Mesoplàstics i macroplàstics g/m ²
18-12-2017	0,86	3,44
13-01-2018	2,8	5,36
03-02-2018	2,88	16,08
28-04-2018	3,48	19,48
05-05-2018	4,32	5,07
28-06-2018	0,90	11,34

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Taula 3: Concentració de plàstic en partícules/m²

	Des-17		Gen-18		Feb-18		Abr-18		Maig-18		Juny-18		Tot X
	X	d	X	d	X	d	X	d	X	d	X	d	
MIC													
R	32,80	17,36	44,00	19,04	21,60	14,51	61,20	59,42	24,00	14,11	31,20	33,46	35,8
E.	0,40	1,27	0,00	0,00	0,40	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
P	0,00	0,00	0,80	2,53	0,00	0,00	1,60	5,06	6,00	12,9	2,00	3,40	1,73
T	33,20	16,87	44,80	18,26	22,00	14,27	62,80	63,08	30,00	12,40	33,20	34,15	37,67
MES													
B	0,00	0,00	0,00	0,00	3,20	6,48	1,60	2,07	0,40	1,26	0,80	1,69	1,00
F	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	2,70	3,60	5,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
V	0,40	1,26	0,00	0,00	1,20	2,70	0,40	1,26	0,00	0,00	0,80	1,69	0,47
L	0,80	1,69	2,00	3,89	6,00	6,04	3,80	5,69	1,20	2,30	10,67	9,08	4,08
R	3,60	3,98	3,60	2,95	2,00	6,32	28,40	39,44	4,40	3,98	3,60	4,42	7,60
E.	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	1,69	0,33
T	4,80	5,50	5,60	4,30	14,80	21,17	37,80	49,10	6,00	4,71	15,60	10,06	14,10

Microplàstics (MIC): R: Rígid; E: Esponjosos; P: Pel·lets // Mesoplàstics (MES): B: Burilles; F: Fibres; V: Varettes; L: Laminats; R: Rígid; E: Esponjosos // T: Total // X: Mitjana; d: desviació

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

A continuació presentem els resultats de presència de plàstic a la platja de Blanes facilitats per *Plàstic Cero* classificats per la seva mida (microplàstics i mesoplàstics) en partícules/0'25m² (Taula 4). A la Taula 5 presentem els nostres càlculs per convertir les dades a partícules/m² de forma que sigui possible la comparació directa amb els resultats de la Barceloneta.

Taula 4: Concentració de plàstics en partícules/0'25m² a la platja de Blanes

Mostreig	Parcel·les (N)	Microplàstics				Mesoplàstics						
		R	E	P	T	B	F	V	R	L	E	T
Gen-17	11	0	0	0	0	2	0	5	9	1	0	17
Feb-17	10	1	0	0	1	0	9	1	3	2	0	15
Març-17	6	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0	5
Abril-17	28	7	0	0	7	8	4	0	5	18	0	35
Maig-17	58	9	0	0	9	18	8	5	8	12	2	53
Feb-18	20	2	1	0	3	28	10	2	7	6	3	56
Març-18	20	2	0	0	2	1	2	1	6	4	1	15
Maig-18	21	5	1	3	9	2	1	0	2	7	0	12

Microplàstics: R: Rígid; E: Esponjosos; P: Pel·lets // Mesoplàstics: B: Burilles; F: Fibres; V: Varettes; L: Laminats; R: Rígid; E: Esponjosos // T: Total // X: Mitjana

Font: Elaboració pròpia partir de les dades dels Observadors del Mar de Blanes.

Taula 5: Concentracions de plàstics en partícules/ m² a la platja de Blanes

	Microplàstics		Mesoplàstics	
	Mitjana/ m ²	Desviació estàndard/ m ²	Mitjana/m ²	Desviació estàndard/ m ²
Any 2017				
Gener	0	0	5,45	7,43
Febrer	0,4	1,26	6	10,37
Març	0	0	3,33	3,01
Abril	1	3,19	3,85	5,91
Maig	0,620	1,64	2,41	4,96
Any 2018				
Gener	-	-	-	-
Febrer	0,6	1,46	5,6	8,25
Març	0,4	1,23	2,8	3,69
Abril	-	-	-	-
Maig	2,09	5,15	1,90	3,92

Font: Elaboració pròpia partir de les dades dels Observadors del Mar de Blanes.

3.1.6. Anàlisi i discussió dels resultats

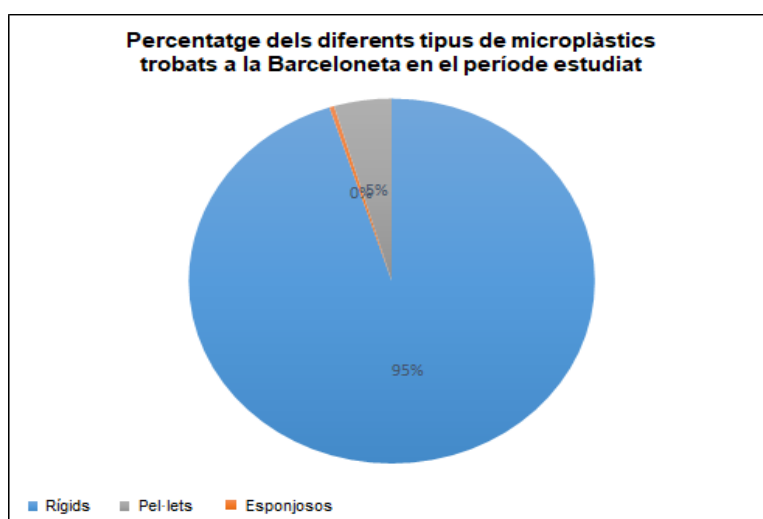
3.1.5.1. Descripció general de la concentració de micro i mesoplàstics a la platja de la Barceloneta en els mesos estudiats

L'anàlisi de concentració mitjana de partícules de micro i mesoplàstics recollits per a cada mes es presenta a la Taula 5. La mitjana total de partícules de microplàstics recollits ha estat de 37,67 (Rígid: 35,8; Esponjosos: 0,13; Pel·lets: 1,73). La mitjana total de partícules de mesoplàstics recollits ha estat de 14,10 (Burilles: 1; Fibres: 0,80; Varetes: 0,47; Laminats: 4,08; Rígid: 7,60; Esponjosos: 0,33).

Es pot apreciar que a la platja de la Barceloneta en tots els mesos estudiats hi ha més concentració de microplàstics que de mesoplàstics i que en conjunt suposen una concentració mitjana de 37,67 partícules/m².

Si calculem el pes mitjà del total de microplàstics obtenim una concentració de 2,868gr/ m², que equival a 2868kg/km². Aquesta dada es correspon en gran mesura amb l'obtinguda en un recent estudi del Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient, realitzat junt amb CEDEX l'any 2017 (Estudi sobre quantificació de fonts de microplàstics i identificació de possibles mesures per a la seva reducció en la font), de 2.000kg/ km² com a concentració mitjana estimada de microplàstics a les costes espanyoles. Aquest fet valida el nostre estudi en quant a que és del mateix ordre de magnitud que l'obtingut en aquest estudi del Ministeri. El fet que, essent del mateix ordre de magnitud, sigui més elevat el valor de la Barceloneta no ens sorprèn, ja que, en conjunt, l'impacte humà al litoral mediterrani és major que al litoral atlàntic; D'altra banda, la Barceloneta té una gran aflluència de turisme, i com demostrarem més endavant a l'apartat 3.1.5. V, existeix una correlació positiva entre turisme i concentració de microplàstics.

Gràfic 1: Percentatges dels tipus de microplàstics (mitjana de tots els mesos) trobats a la Barceloneta

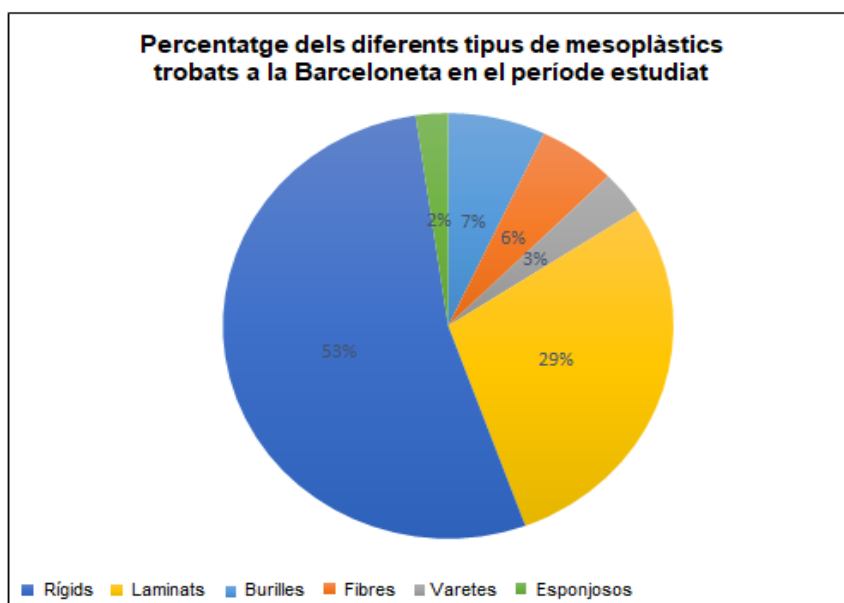


Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

S'observa que el 95% dels microplàstics presents són fragments de plàstic rígids, per tant, probablement procedents de residus plàstics més grans, els quals s'han anat fragmentant al llarg del temps (plàstics secundaris). Els microplàstics primaris, com les microesferes dels cosmètics i nanoplàstics no tenen pes en els microplàstics rígids, ja que no s'ha trobat cap. Els únics primaris que s'han estudiat són els pel·lets, gairebé el 5%. I només el 0,38% restant correspon a partícules de plàstics esponjosos, cosa que no és d'estranyar ja que aquests es deterioren més ràpidament que els plàstics rígids.

Els pel·lets es troben en un estat molt semblant a l'inicial ja que són microplàstics secundaris.

Gràfic 2: Percentatges dels tipus de mesoplàstics (mitjana de tots els mesos) trobats a la Barceloneta



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

S'observa, com en el cas dels microplàstics que la majoria de mesoplàstics trobats són rígids, amb un 53% sobre el total. Els segueixen els fragments laminats amb un 29%. El 18% restant està repartit amb un 7% de burilles, un 6% de fibres, un 3% de varetas i un 2% de mesoplàstics de tipus esponjosos. Ens crida l'atenció que, havent-hi un 29% de mesoplàstics laminats, no es trobin fragments laminats en la fracció de microplàstics.

3.1.5.2. Anàlisi dels resultats per a determinar quin tipus de distribució presenten, de cara a elegir les posteriors proves de contrast d'hipòtesi

Per poder determinar el tipus de proves que ens han de permetre contrastar les hipòtesis d'aquest estudi segon es tracti de dades paramètriques o no paramètriques s'hna realitzar diferents anàlisis que es presenten a continuació a les Taules 6, 7, 8 i 9.

Taula 6: Prova de Ratxes per a determinar si les dades de microplàstics de la Barceloneta són aleatòries

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La seqüència de valors de rígids és aleatòria	0,136	Conservar la hipòtesi nul·la
La seqüència de valors d'esponjosos és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors de pel·lets és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors del total és aleatòria	0,156	Conservar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Taula 7: Prova de Kolmogorov-Smirnov per a determinar si les dades de microplàstics de la Barceloneta són normals

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de rígids és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució d'esponjosos és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de pel·lets és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució del total és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Taula 8: Prova de Ratxes per a determinar si les dades de mesoplàstics de la Barceloneta són aleatòries.

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La seqüència de valors de burilles és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors de fibres és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors de varetes és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors dels laminats és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors dels rígids és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors d'esponjosos és aleatòria	.	No es pot calcular
La seqüència de valors del total és aleatòria	.	No es pot calcular

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Taula 9: Prova de Kolmogorov-Smirnov per a determinar si les dades de mesoplàstics de la Barceloneta són normals

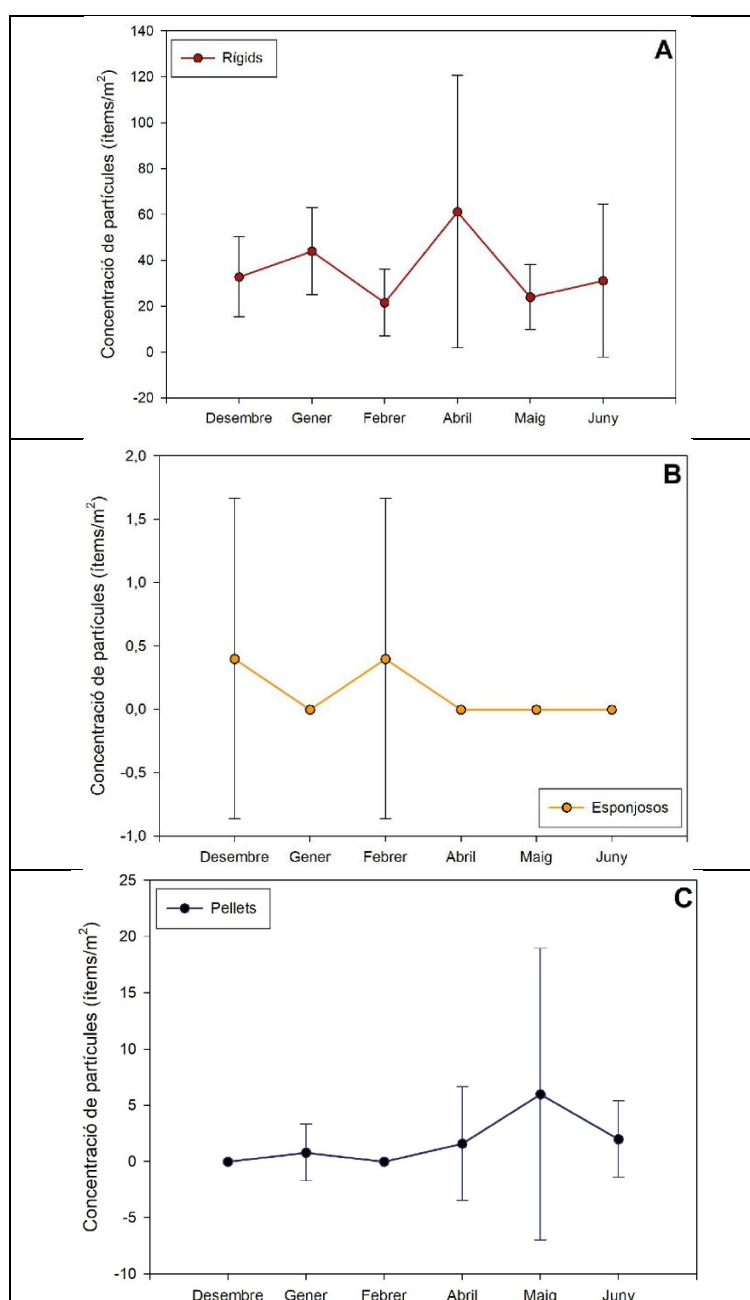
Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de burilles és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de fibres és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de varetes és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de laminats és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de rígids és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de esponjosos és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució del total és normal	0	Refutar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

3.1.5.3. Contrast de les hipòtesis plantejades

Hipòtesis h1: “La presència de micro i mesoplàstics està en augment a les costes catalanes”. A continuació presentem l’anàlisi de l’hipotètic augment de la concentració de micro i mesoplàstics al llarg dels diferents mesos de l’any a la platja de la Barceloneta. Al Gràfic 3 es poden veure les variacions de concentració de fragments rígids per m² (A), de concentració de fragments esponjosos per m² (B) i de concentració de pel·lets per m² (C).

Gràfic 3: Concentracions de partícules/m² dels tipus de microplàstics al llarg dels mesos



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Es sotmeten les mitjanes mensuals de cada tipus de microplàstics a la prova de contrast d'hipòtesi de Kruskal-Wallis per determinar si hi ha diferències significatives entre elles (Taula 10). Es pot veure, doncs, que malgrat hi ha oscil·lacions ens les concentracions mitjanes dels diferents tipus de microplàstics al llarg del temps, en tots els casos les diferències no són estadísticament significatives (Prova de Kruskal-Wallis amb p valor entre 0,066 i 0,547). Per tant, en el període de temps estudiat, no s'observa un augment en la concentració de microplàstics a la platja de la Barceloneta. És probable que sigui un període de temps massa curt per a veure si hi ha un increment significatiu en la concentració de microplàstics.

D'altra banda, si a l'hora de fer el mostreig no es retiressin els plàstics, potser s'apreciaria un lleu augment de la concentració al llarg dels mesos, ja que és fàcil que en el transcurs dels mostrejos algunes de les parcel·les coincideixin. Convindria fer estudis amb un interval més llarg de temps i amb un mètode de mostreig diferent, que no comportés la retirada dels plàstics.

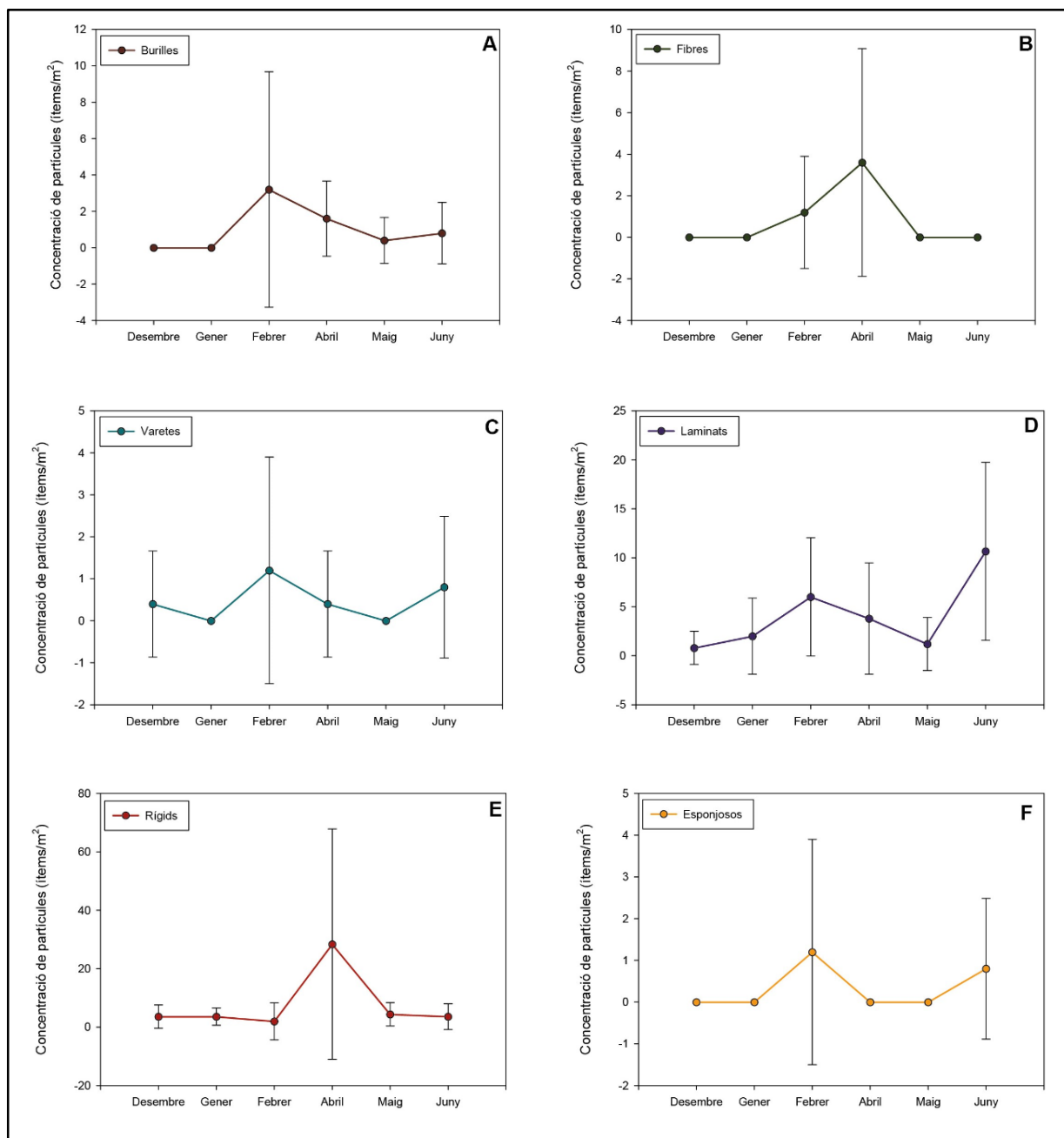
Taula 10: Resultats Prova kruskal-Wallis per a determinar si hi ha diferències significatives entre les mitjanes mensuals de microplàstics

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de rígids és la mateixa entre els mesos estudiats	0,059	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució d'esponjosos és la mateixa entre els mesos estudiats	0,547	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de pel·lets és la mateixa entre els mesos estudiats	0,159	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució total és la mateixa entre els mesos estudiats	0,066	Conservar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Al gràfic 4 es poden veure les variacions de concentració de burilles per m² (A), de concentració de fibres per m² (B) i de concentració de varetes per m² (C), de concentració de fragments laminats per m² (D), de concentració de fragments rígids per m² (E) i de concentració de fragments esponjosos per m² (F).

Gràfic 4: Concentracions de partícules/m² dels diferents tipus de mesoplàstics al llarg dels mesos



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Es sotmeten les mitjanes mensuals de cada tipus de mesoplàstic a la prova de contrast d'hipòtesi de Kruskal-Wallis per determinar si hi ha diferències significatives entre elles. Es pot veure, doncs, que malgrat hi ha oscil·lacions en les concentracions mitjanes dels diferents tipus de microplàstics al llarg del temps, en tots els casos menys la distribució de burilles i fibres, les diferències no són estadísticament significatives (Prova de Kruskal-Wallis amb p valor entre 0,093 i 0,523). Es refuta la

hipòtesi que la distribució de burilles és la mateixa al llarg del temps (p valor 0,050) però no la tenim en compte ja que està al límit. Tot i que hi hagi una variació significativa mínima, la concentració de burilles no està en augment. La diferència està en els mesos de febrer i abril (prova Kruskal-Wallis N total 50, estadístic de prova 9,502, graus de llibertat 4, significació asimptòtica 0,050). On si que es veu una variació de la distribució considerable és en el cas de les fibres. Pràcticament tots els mesos tenen de mitjana entre 0 i 1,20 partícules per m² menys abril, que desputa amb una mitjana de 3,60 partícules/ m². (Prova Kruskal-Wallis N total 50, estadístic de prova 12,053, graus de llibertat 4, significació asimptòtica 0,017). Malgrat hi hagi variacions en aquests dos casos, la distribució de mesoplàstics total és la mateixa al llarg dels mesos estudiats. Això és degut a que les fibres i les burilles representen un percentatge molt petit del total de mesoplàstics, per tant, no és suficient per fer variar la distribució total de mesoplàstics.

Tal com succeeix amb el cas dels microplàstics, en el període de temps estudiat, no s'observa un augment en la concentració de mesoplàstics a la platja de la Barceloneta. És probable que sigui un període de temps massa curt per a veure si hi ha un increment significatiu en la concentració de mesoplàstics. Com dèiem abans, si a l'hora de fer el mostreig no es retiressin els plàstics, potser s'apreciaria un lleu augment de la concentració al llarg dels mesos, ja que és fàcil que en el transcurs dels mostresos algunes de les parcel·les coincideixin. Novament cal dir que convindria fer estudis amb un interval més llarg de temps i amb un mètode de mostreig diferent, que no comportés la retirada dels plàstics.

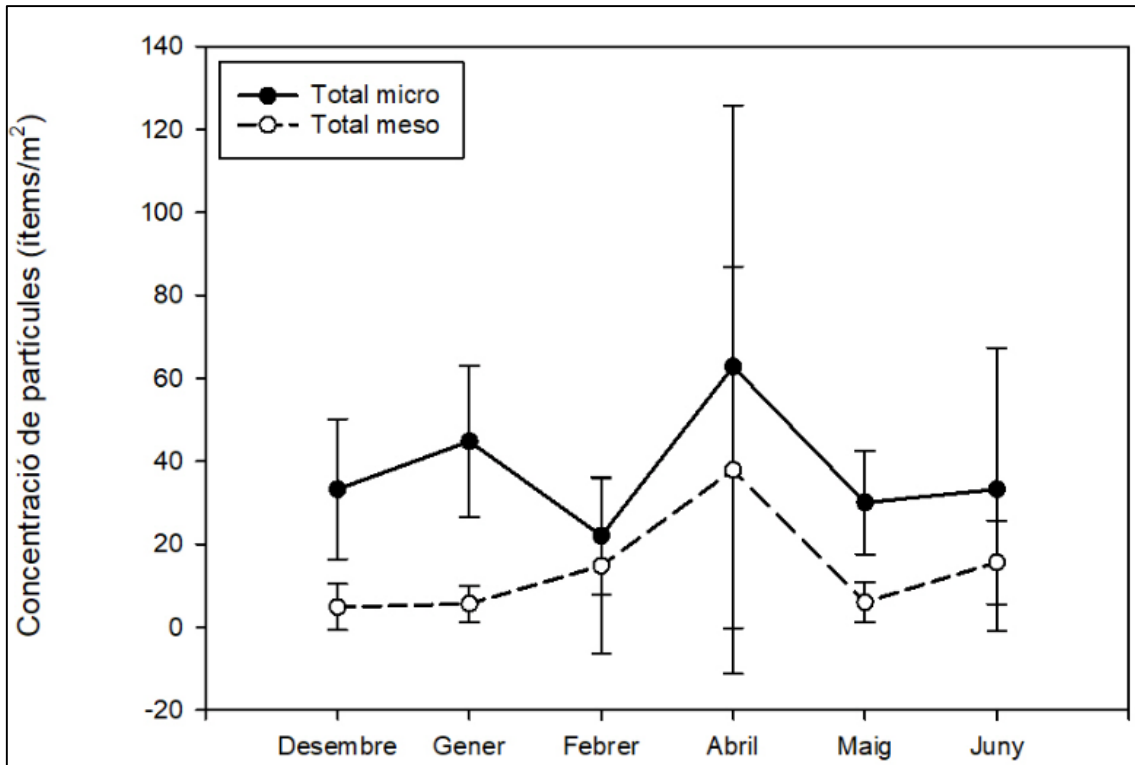
Les evolucions que es mostren de les concentracions dels micro i mesoplàstics són paral·leles (Gràfic 5). En general quan hi ha un increment de la concentració de microplàstics, també augmenta la dels mesoplàstics, no obstant, en els primers mesos es manté més regular la concentració de mesoplàstics que la de microplàstics. Cal d'estacar que la concentració de microplàstics baixa considerablement de gener a febrer, en canvi la concentració de mesoplàstics presenta un lleu augment.

Taula 11: Resultats Prova Kruskal-Wallis per a determinar si hi ha diferències significatives entre les mitjanes mensuals de mesoplàstics

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de burilles és la mateixa entre els mesos estudiats	0,05	Refutar hipòtesi nul·la
La distribució de fibres és la mateixa entre els mesos estudiats	0,017	Refutar hipòtesi nul·la
La distribució de varetes és la mateixa entre els mesos estudiats	0,429	Conservar hipòtesi nul·la
La distribució de laminats és la mateixa entre els mesos estudiats	0,121	Conservar hipòtesi nul·la
La distribució de rígids és la mateixa entre els mesos estudiats	0,159	Conservar hipòtesi nul·la
La distribució de esponjosos és la mateixa entre els mesos estudiats	0,093	Conservar hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Gràfic 5: Evolució de les concentracions de partícules/m² de microplàstics i de mesoplàstics al llarg dels mesos

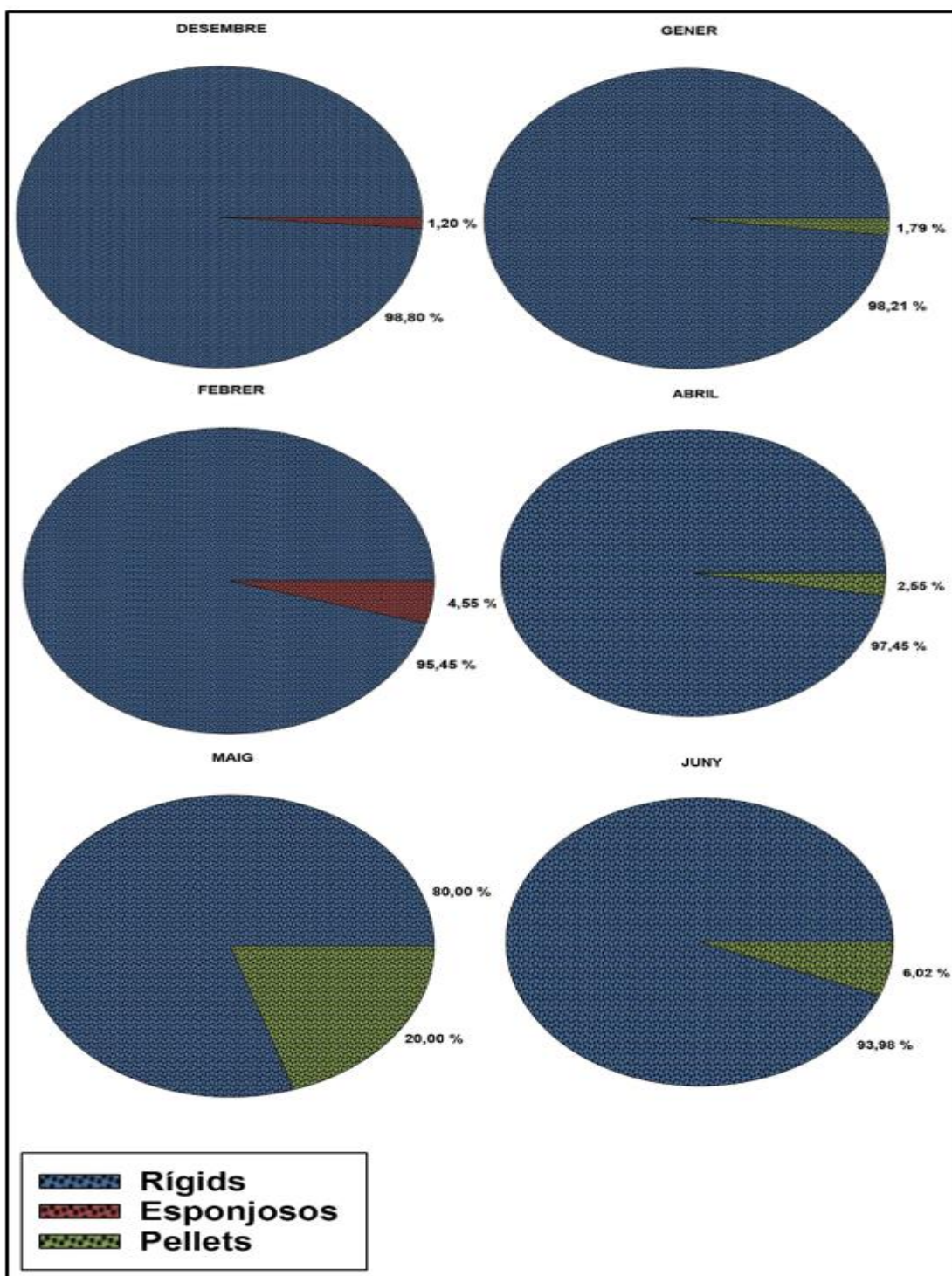


Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Hipòtesi h2: “La composició de micro i mesoplàstics a la platja varia al llarg dels mesos de l’any”. A continuació es presenta l’anàlisi de la hipotètica variació de la composició, en primer lloc, i de la distribució dels diferents tipus de micro i mesoplàstics al llarg dels diferents mesos de l’any, en segon lloc.

- Variació de la composició: En el Gràfic 6 es mostra la composició dels tipus de microplàstics de tots els mesos estudiats. En tots els casos els fragments rígids representen clarament la major part dels microplàstics. En tots els mesos ho fa amb més d’un 90%, menys en el cas del mes de maig, que ocupa un 80%. El % restant l’ocupen els fragments esponjosos o els pel·lets, però és curiós que en cap cas hi ha un percentatge d’esponjosos i pel·lets a la vegada. Observant aquests gràfics es podria dir que es veu un lleu augment de pel·lets, al igual que es podria interpretar una petita disminució de fragments rígids, però contrastant-ho amb proves estadístiques a l’apartat III ja es veu que no hi ha cap diferència significativa.

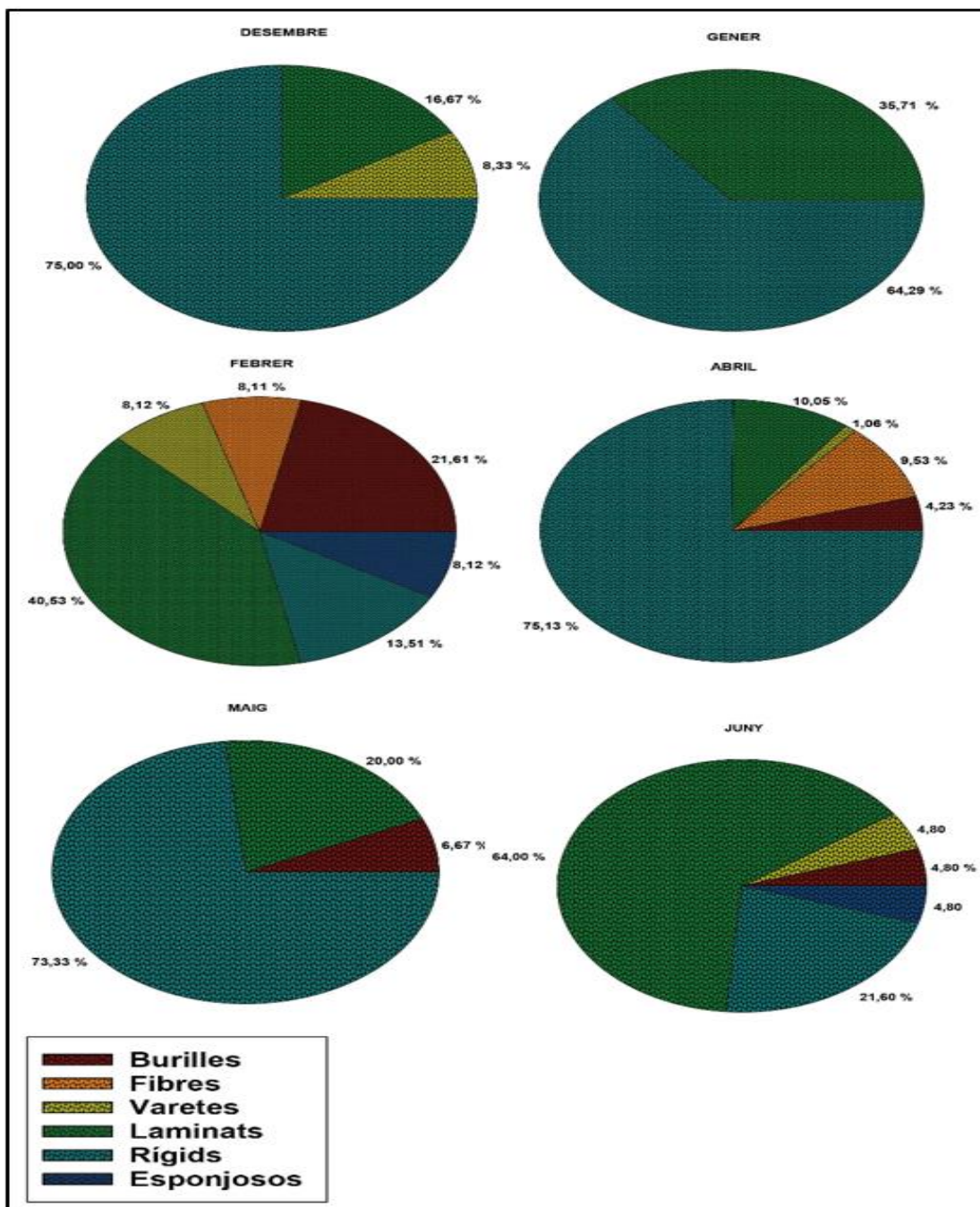
Gràfic 6: Composició dels tipus de microplàstics de tots els mesos estudiats



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

En el Gràfic 7 es mostra la composició dels tipus de mesoplàstics de tots els mesos estudiats. En general hi ha una major tendència a predomini dels fragments rígids i laminats però no és constant en tots els mesos. En quatre dels sis mesos també s'observa la presència de burilles i varetes, però en percentatge menor.

Gràfic 7: Composició dels tipus de mesoplàstics de tots els mesos estudiats



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Els resultats obtinguts en la nostra mostra ens permeten afirmar en relació a la nostra hipòtesi (h1) que no hi ha variacions importants ni significatives en la composició dels

diferents tipus de micro i de mesoplàstic entre els mesos estudiats, excepte en alguns casos puntuals.

- 2. Variació de la distribució al llarg dels mesos: Tal com mostra la Taula 12, els resultats obtinguts indiquen que generalment no hi ha variacions importants en la distribució dels diferents tipus de microplàstics al llarg dels mesos estudiats. Els casos puntuals on si que hi ha una variació significativa es donen pel cas dels rígids (Gràfic 8) entre gener i els mesos de febrer i maig, i per la suma total de microplàstics entre gener i el mes de febrer.

Taula 12: Resum dels Pvalor en la provs U de Mann-Whitney per a la comparació de concentracions dels diferents tipus de microplàstics al llarg dels mesos

		Gener	Febrer	Abril	Maig
Desembre	Rígids	0,353	0,143	0,796	0,436
	Esponjosos	0,739	1	0,739	0,739
	Pel·lets	0,739	1	0,739	0,28
	Total	0,247	0,105	0,853	0,796
Gener	Rígids		0,007 **	0,796	0,023 **
	Esponjosos		0,74	1	1
	Pel·lets		0,739	0,971	0,436
	Total		0,005 **	0,631	0,075
Febrer	Rígids			0,065	0,905
	Esponjosos			0,72	0,72
	Pel·lets			0,72	0,278
	Total			0,065	0,278
Abril	Rígids				0,165
	Esponjosos				1
	Pel·lets				0,481
	Total				0,481

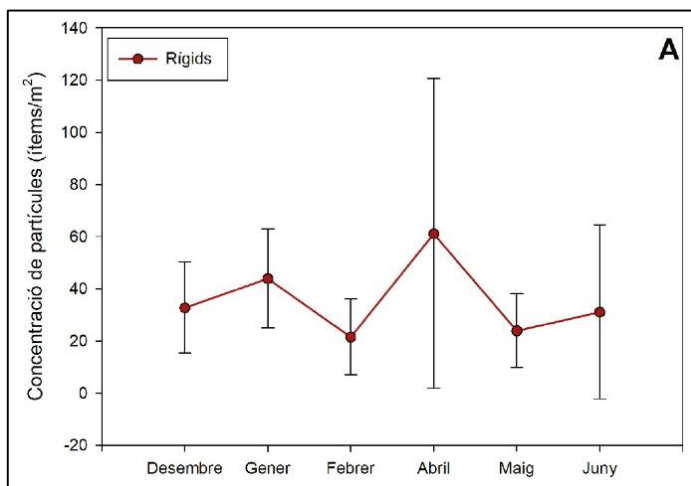
Diferències significatives per a valors<0.05

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Fent referència al Gràfic 8 sobre la concentració de fragments rígids per m² al llarg dels mesos estudiats, veiem que tan febrer com maig són els mesos amb la concentració de microplàstics rígids més baixa, i gener amb una de les més altes. Els resultats de la prova U de Mann-Whitney per a analitzar la significativitat en la comparació de concentració de rígids (Taula 13) confirma l'existència de diferències significatives entre aquests mesos. Al febrer el 95% microplàstics són rígids i per això també hi ha una variació entre el total de gener i febrer. En canvi, en el mes de maig els rígids representen un 80% del total, per aquest motiu no hi ha diferències

significatives. És curiós que no hi hagi una diferència significativa entre la concentració de fragments rígids d'abril i febrer, ja que abril és el més amb la concentració d'aquests més alta i febrer amb la més baixa. La concentració dels altres dos tipus es manté constant, no hi ha variacions significatives entre cap dels mesos.

Gràfic 8: Concentració de fragments rígids per m² al llarg dels mesos estudiats



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Taula 13: Resultats prova U de Mann-Whitney comparació rígids

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de rígids és la mateixa entre gener i febrer	0,007	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de rígids és la mateixa entre gener i maig	0,023	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de rígids és la mateixa entre gener i maig	0,023	Refutar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Els resultats de la prova U de Mann-Whitney entre les mitjanes de cada tipus de mesoplàstics al llarg dels mesos (Taula 14) senyalen que, com en el cas dels microplàstics, gairebé no hi ha variacions en la composició dels diferents tipus de mesoplàstics entre els mesos de mostreig. Només trobem diferències significatives en la concentració dels rígids entre gener i febrer i entre febrer i maig (Taula 15).

Taula 14: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de les concentracions dels diferents tipus de mesoplàstics al llarg dels mesos

		Gener	Febrer	Abril	Maig
Desembre	Burilles	1	0,28	0,143	0,739
	Fibres	1	0,481	0,143	1
	Varetes	0,739	0,684	1	0,739
	Laminats	0,68	0,063	0,247	1
	Rígid	0,853	0,105	0,684	0,631
	Esponjosos	1	0,481	1	1
	Total	0,579	0,165	0,247	0,53
Gener	Burilles		0,28	0,143	0,739
	Fibres		0,481	0,143	1
	Varetes		0,481	0,739	1
	Laminats		0,165	0,481	0,739
	Rígid		0,043 **	0,853	0,739
	Esponjosos		0,481	1	1
	Total		0,28	0,481	0,85
Febrer	Burilles			0,971	0,436
	Fibres			0,393	0,48
	Varetes			0,684	0,481
	Laminats			0,81	0,075
	Rígid			0,105	0,043 **
	Esponjosos			0,497	0,481
	Total			0,796	0,32
Abril	Burilles				0,28
	Fibres				0,14
	Varetes				0,739
	Laminats				0,28
	Rígid				0,853
	Esponjosos				1
	Total				0,58

Diferències significatives per a valors < 0.05

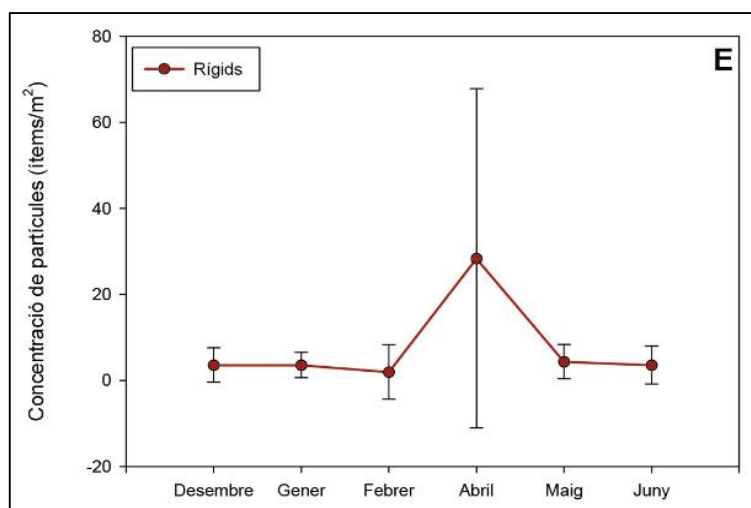
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Taula 15: Resultats prova U de Mann-Whitney comparació rígids

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de rígids és la mateixa entre gener i febrer	0,043	Refutar hipòtesi nul·la
La distribució de rígids és la mateixa entre febrer i maig	0,043	Refutar hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

Gràfic 9: Concentració fragments rígids per m² al llarg dels mesos estudiats



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta

El Gràfic 9 mostra la concentració de fragments rígids en funció dels mesos estudiats. S'observa que entre gener i febrer hi ha molt poca diferència, però en canvi els resultats de la prova indiquen que hi ha una variació significativa entre la distribució en aquests dos mesos. Passa el mateix en el cas de la distribució de rígids entre febrer i maig, la diferència és mínima, però en canvi estadísticament sí que es pot apreciar una diferència significativa.

Tal com passa amb els microplàstics, només hi ha diferències en la distribució de rígids, en els altres 5 casos no s'aprecia cap variació destacable.

Per tant, podem afirmar que no hi ha variacions importants ni significatives entre la distribució dels diferents tipus de micro i de mesoplàstic entre els mesos estudiats, excepte en alguns casos puntuals. D'altra banda, és probable que en un període més llarg de mostreig es poguessin apreciar més variacions i diferències notables entre la distribució dels plàstics.

Hipòtesi h3: "Les poblacions costaneres amb un major nombre d' habitants tenen en la seva platja una major concentració de micro i mesoplàstics a la sorra, i presenten diferències en la seva composició i distribució." A continuació es presenta l'anàlisi de la hipotètica diferència en la composició i distribució dels tipus de plàstics entre la platja de la Barceloneta, com a referent de zona molt poblada, i la platja de Blanes, com a referent de zona menys poblada. Recordem que només es fa una comparativa pels mesos de febrer i maig de 2018 perquè són els únics mesos del període que hem mostrejat a la Barceloneta, dels quals, dintre de la campanya "Plàstic Zero", també es disposa de registres complets a Blanes.

Es sotmeten les mitjanes mensuals de concentració, de cada tipus de micro i mesoplàstics i dels totals respectius, de la platja de la Barcelona i de Blanes dels mesos de febrer i maig a la prova de contrast d'hipòtesis U de Mann-Whitney per determinar si hi ha diferències significatives entre elles (Taula 16).

Taula 16: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de microplàstics al mes de febrer a les platges de la Barceloneta i de Blanes

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de rígids és la mateixa en el mes de febrer	<0,005	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució d'esponjosos és la mateixa en el mes de febrer	<0,005	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de pel·lets és la mateixa en el mes de febrer	<0,005	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució total és la mateixa en el mes de febrer	<0,005	Refutar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes ens els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta i de les dades d'Observadors del Mar de Blanes

Taula 17: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de microplàstics al maig a les platges de la Barceloneta i de Blanes

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de rígids és la mateixa en el mes de maig	<0,005	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució d'esponjosos és la mateixa en el mes de maig	0,852	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de pel·lets és la mateixa en el mes de maig	0,25	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució total és la mateixa en el mes de maig	<0,005	Refutar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta i de les dades d'Observadors del Mar de Blanes

A la Taula 16 es fa una comparació entre la concentració dels tres tipus de microplàstics i el total de les dues platges en el mes de febrer de 2018. Es pot veure, doncs, que en el cas de rígids i en el cas del total hi ha diferències significatives, essent major a la Barceloneta. Ens trobem en la mateixa situació en la comparació de microplàstics a les dues platges en el mes de maig (Taula 17). Pràcticament hi ha la mateixa diferència entre la distribució del total de microplàstics a les dues platges que entre la distribució de fragments rígids, ja que els rígids constitueixen la major part del volum total de microplàstics.

En definitiva, l'anàlisi dels resultats indica que, d'acord amb la nostra hipòtesi (h3), en els mesos estudiats, hi ha una major concentració de microplàstics rígids i de microplàstics totals a la Barceloneta, amb una major població, que a Blanes. El promig de microplàstics total de febrer i maig a la Barceloneta és de 26 partícules/m² i el de Blanes de 1,35, per tant, és 19,3 vegades més gran.

Es procedeix d'igual forma per a la comparació de la concentració de mesoplàstics en les dues platges. A la Taula 18 es presenten els resultats de l'anàlisi de diferències aplicant la prova U de Mann-Whitney per al mes de febrer i a la Taula 22 per al mes de maig.

Taula 18: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de mesoplàstics al mes de febrer a les platges de la Barceloneta i de Blanes

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de burilles és la mateixa en el mes de febrer	0,846	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de fibres és la mateixa en el mes de febrer	1	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de varetes és la mateixa en el mes de febrer	0,619	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de laminats és la mateixa en el mes de febrer	0,022	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de rígids és la mateixa en el mes de febrer	0,588	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de esponjosos és la mateixa en el mes de febrer	0,619	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució total és la mateixa en el mes de febrer	0,015	Refutar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta i de les dades d'Observadors del Mar de Blanes

Taula 19: Resultats de la prova U de Mann-Whitney per a la comparació de concentració de mesoplàstics al mes de maig a les platges de la Barceloneta i de Blanes

Hipòtesi nul·la	Significació (Pvalor)	Decisió
La distribució de burilles és la mateixa en el mes de maig	0,846	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de fibres és la mateixa en el mes de maig	1	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de varetes és la mateixa en el mes de maig	0,619	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de laminats és la mateixa en el mes de maig	0,022	Refutar la hipòtesi nul·la
La distribució de rígids és la mateixa en el mes de maig	0,588	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució de esponjosos és la mateixa en el mes de maig	0,619	Conservar la hipòtesi nul·la
La distribució total és la mateixa en el mes de maig	0,015	Refutar la hipòtesi nul·la

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta i de les dades d'Observadors del Mar de Blanes

En la Taula 18 es fa una comparació entre la concentració dels sis tipus de mesoplàstics de les dues platges en el mes de febrer de 2018. Es pot veure que en el cas dels laminats (Prova U de Mann-Whitney p valor ,022) i del total (Prova U de Mann-Whitney ,015) hi ha diferències significatives, essent més gran la concentració de partícules a la platja de la Barceloneta. Ens trobem en la mateixa situació en la comparació de mesoplàstics a les dues platges en el mes de maig (Taula 19). S'aprecia que hi ha diferències significatives en el cas dels laminats (Prova U de Mann-Whitney p valor ,022) i del total (Prova U de Mann-Whitney p valor ,022), essent més gran la concentració de fragments laminats i de mesoplàstics totals la Barceloneta.

En definitiva, l' anàlisi dels resultats indica que, d'acord amb la nostra hipòtesi (h3), tal com passa amb els microplàstics, en els mesos estudiats, hi ha una major concentració de mesoplàstics laminats i de mesoplàstics totals a la Barceloneta, amb una major població, que a Blanes. El promig de mesoplàstics total de febrer i maig a la Barceloneta és de 10,4 partícules/m² i el de Blanes de 3,8, per tant, és 2,7 vegades més gran.

Pensem que potser hi ha menys diferència entre la concentració de mesoplàstics de la platja de la Barceloneta i la de Blanes degut a la neteja de platges realitzada per l'ajuntament o per campanyes ciutadanes. Al haver un sistema de neteja establert en

ambdues platges, creiem que han reduït la quantitat de fragments de mesoplàstic, fent així que no hi hagi una diferència tan marcada. Per contra, els microplàstics no es retiren i, a més, al remoure la sorra van quedant cada vegada més barrejats i enterrats entre els grans de sorra.

D'acord amb el que la nostra bibliografia indica, veiem que l'activitat humana que es realitza al litoral té un impacte notable en la presència de plàstics, ja que el 80% prové del litoral i l'altre 20 dels corrents marins i altres factors.

Hipòtesi h4: "Existeix una correlació entre l' afluència de turisme i la concentració de plàstics a les platges de les poblacions costaneres". A continuació es presenta l'anàlisi de la hipotètica correlació entre l'afluència de turisme i la concentració de plàstics, a la platja de la Barceloneta i a la platja de Blanes.

La Taula 20 recull les dades d'afluència turística per mesos a Barcelona i Costa Brava en milers de persones.

Taula 20: Turisme a la Costa Brava i a Barcelona

	Barcelona	Costa Brava
Desembre'17	516,4	90,2
Gener'18	533,5	83
Febrer'18	564,1	94,5
Març'18	689,3	221,7
Abril'18	746,3	287,6
Maig'18	770,6	385,5
Juny'18	797,6	449,5

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de turisme de la web <http://www.idescat.cat/indicadors/?id=conj&n=10289&lang=es&t=201806>

A la Taula 21 es presenten les mitjanes de concentració de microplàstics i mesoplàstics en els mesos de febrer i maig en els que s'han observat diferències per a les platges de la Barceloneta i Blanes.

Taula 21: Concentracions mitjanes de micro i mesoplàstics a Blanes i a la Barceloneta

	Febrer		Maig		Total	
	Micro	Meso	Micro	Meso	Micro	Meso
Barceloneta	22	14,8	30	6	26	10,4
Blanes	0,6	5,6	2,1	1,9	13,5	3,8

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades obtingudes en els mostrejos realitzats pels autors a la platja de la Barceloneta i de les dades d'Observadors del Mar de Blanes

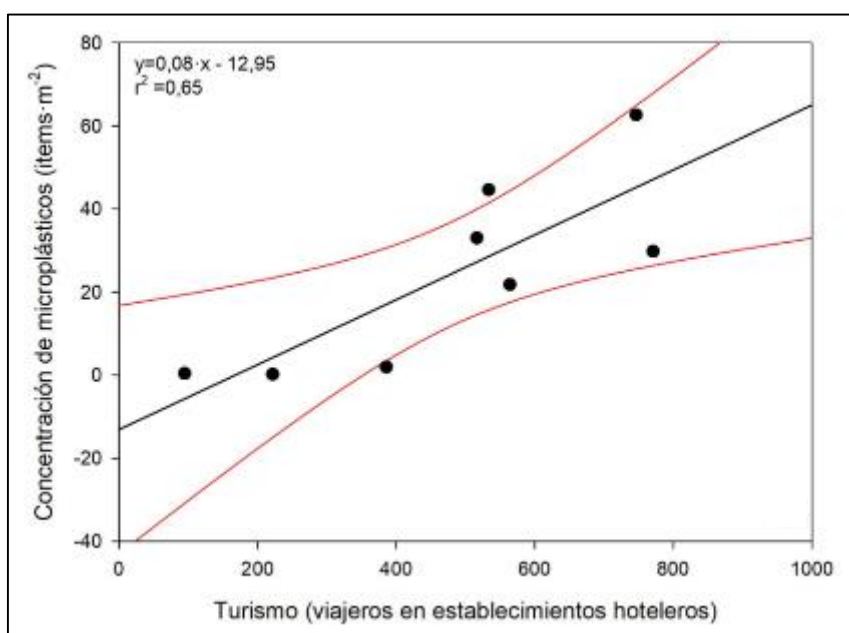
Per analitzar la correlació existent utilitzem el test Rho de Spearman (Taula 22). Aquest mostra que, efectivament, hi ha correlació entre les concentracions de microplàstics i de mesoplàstics presents a les platges de Barceloneta i Blanes i l'afluència de turisme en aquestes 2 poblacions; els Gràfics 10 i 11 indiquen que aquesta correlació és directa i positiva, encara que més feble en el cas dels mesoplàstics. Per tant, podem afirmar que l'augment de turisme va lligat a un augment significatiu de la concentració de microplàstics i de mesoplàstics a les platges, més notori en el cas dels primers; cosa que lliga amb el que indicàvem a l'apartat anterior; probablement una part important dels mesoplàstics són retirats en les operacions de neteja periòdica de les platges.

Taula 22: Correlació plàstics i turisme

	Turisme Bcn i Blanes	Coeficient de correlació	Turisme Bcn i Blanes	Concentració micro Bcn i Blanes	Concentració meso Bcn i Blanes
Rho de Spearman			1	0,714*	0,719*
		Significació (pvalor)	.	0,047	0,045

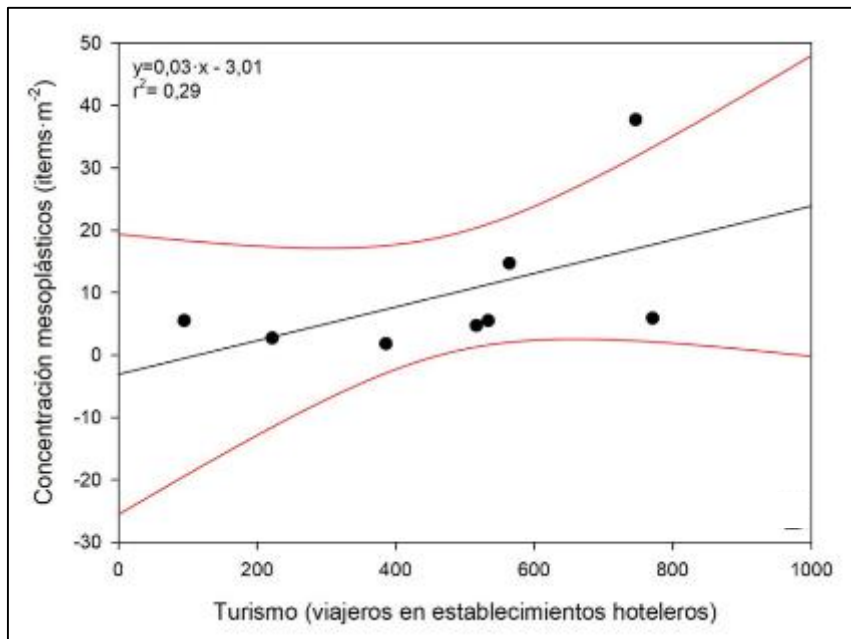
Font: Elaboració pròpia

Gràfic 10: Correlació concentració microplàstics i turisme



Font: Elaboració pròpia

Gràfic 11: Correlació concentració mesoplàstics i turisme



Font: Elaboració pròpia

Som conscients que les dades de turisme que hem trobat per a fer aquesta anàlisi són en certa manera imprecises i que només ens permeten una certa aproximació. D'una banda, la platja de la Barceloneta no és la única platja de la ciutat de Barcelona, tot i que és la més emblemàtica i visitada pels turistes; i d'altra banda, no hem trobat publicades dades de turisme específiques de Blanes i s'han emprat les dades referents a la Costa Brava.

Malgrat aquestes imprecisions, a partir d'aquestes dades podem dir novament que trobem evidències de com l'activitat humana que es realitza al litoral pot tenir un impacte notable en la presència de micro i mesoplàstics a les platges, com a mínim, en els llocs estudiats.

Hem de suposar que hi ha altres variables ambientals que influeixen en la distribució de plàstics a les dues platges estudiades, ja que sinó tindríem una correlació d'1, la qual cosa voldria dir que la distribució de micro i mesoplàstics depèn únicament de l'afluència de gent i el turisme.

3.1.7. Conclusions

A la platja de la Barceloneta hem trobat una concentració mitjana de microplàstics de 2868kg/km², que és d'un ordre de magnitud semblant a la concentració mitjana que es va calcular com a promig de les platges espanyoles (2.000kg/km²), en un estudi del Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente amb col·laboració de CEDEX (CEDEX, 2016) però un 5,74 % més alt, probablement pel fet que el litoral mediterrani té uns valors més alts de contaminació que el litoral atlàntic.

Contràriament al que esperàvem, en el període de temps estudiat, no s'observa un augment en la concentració mitjana de micro i de mesoplàstics a la platja de la Barceloneta. És probable que sigui un període de temps massa curt per a veure si hi ha un increment significatiu en la concentració d'aquestes partícules.

Hem de tenir en compte, però, una certa distorsió a la baixa en el càlcul de la concentració de partícules, pel fet que el mètode de mostreig comporta la retirada de les mostres, que no són retornades a la platja. Convindria fer estudis amb un interval més llarg de temps i amb un mètode de mostreig diferent, que no comportés la retirada dels plàstics, per tal de valorar si al llarg del temps s'està produint un augment de partícules plàstiques en la platja.

En segon lloc, podem afirmar que no hi ha variacions significatives en la composició ni distribució dels diferents tipus de micro i de mesoplàstic entre els mesos estudiats a la platja de la Barceloneta, excepte en alguns casos puntuals.

En quant a la comparació entre la concentració, composició i distribució dels diferents tipus de micro i mesoplàstics presents a la platja d'un nucli urbà molt poblat com Barcelona i la d'un nucli menys poblat com Blanes, hem trobat que, tal com esperàvem, hi ha una major concentració de microplàstics rígids i de microplàstics totals a la platja de la Barceloneta de Barcelona que a la platja de Blanes, així com també una major concentració de mesoplàstics laminats i de mesoplàstics totals. Es pot veure com l'activitat humana que es du a terme al litoral té un impacte notable en la presència de plàstics. Amb això reafirmem les dades de la bibliografia que indiquen que el 80% dels plàstics provenen terra i només el 20% restant del del mar.

També podem afirmar que l'augment de turisme va lligat a un augment significatiu de la concentració de microplàstics i de mesoplàstics a les platges, essent més notori en el cas dels primers, probablement perquè una part important dels mesoplàstics són retirats en les operacions de neteja periòdica de les platges.

Hem de suposar que hi ha altres variables ambientals que influeixen en la concentració i distribució de plàstics a les dues platges estudiades, a banda de l'afluència de gent, ja que sinó tindríem una correlació molt pròxima a 1.

A partir de tots aquests resultats podem afirmar novament que, a banda de la influència del mar, l'activitat humana que es realitza al litoral té un impacte notable en la presència de micro i mesoplàstics a les platges, com a mínim, en els llocs estudiats.

3.2. IMPACTE DE MICROPLÀSTICS SOBRE ELS INVERTEBRATS MARINS

3.2.1. Introducció

Recents investigacions alerten sobre la incorporació dels microplàstics en els organismes i sobre la possible bioacumulació d'aquests al llarg de les cadenes alimentàries. Segons indiquen, els microplàstics poden ser ja incorporats en els organismes del zooplàncton, que combinen la filtració amb l'alimentació, com ara els copèpodes. Si es confirma el que apunten d'altres estudis sobre la seva probable toxicitat, això agreujaria aquesta problemàtica.

Nosaltres hem decidit centrar el nostre estudi en un organisme zooplanctònic perquè el zooplàncton és el primer nivell de consumidors de l'ecosistema marí; de manera que, si comprovem que el zooplàncton incorpora plàstics, podrem deduir que aquest fet afecta també als organismes bentònics i al conjunt de baules de la xarxa tròfica, tret dels productors. D'aquesta manera, podem preveure l'impacte dels microplàstics en la xarxa tròfica marina, més enllà d'aquesta espècie en concret.

L'organisme del zooplàncton que hem elegit és *Artemia salina*, per dues raons: La primera és que el seu cos és transparent, i així podem veure amb facilitat si incorporen o no partícules de microplàstics. La segona raó és que aquesta espècie és molt utilitzada en investigacions de biologia com a espècie model, ja que és un organisme abundant al mar i de fàcil cultiu, àmpliament estudiat. En aquest estudi considerarem que els resultats observats en *Artemia salina* sobre la incorporació de microplàstics, molt probablement sigui extrapolable a d'altres organismes filtradors del zooplàncton.

En quant a l'obtenció dels microplàstics per a la realització del nostre experiment, vàrem decidir extreure'ls d'una crema cosmètica exfoliant, en comptes de comprar-los en una casa de subministrament, perquè ens semblava molt més interessant treballar amb aquests microplàstics que formen part de la nostra vida quotidiana i que diàriament esdevenen contaminants marins quan, després de ser emprats, passen a la xarxa de clavegueram i seguidament al mar.

Tal com ja hem indicat anteriorment, per a portar a terme aquest experiment hem comptat amb la col·laboració de l'Escola del Mar de Badalona, que ens ha assessorat en el disseny experimental i en la concreció dels procediments.

3.2.2. Hipòtesi

La nostra hipòtesi en relació a l'impacte dels microplàstics sobre els organismes del zooplàncton marí és la següent:

h5: Els microplàstics presents a l'aigua són incorporats per organismes del zooplàncton, introduint-se així en el primer nivell de consumidors i passant a disposició de la resta de baules de les cadenes tròfiques marines.

3.2.3. Objectiu

5. Extreure microplàstics d'una crema cosmètica i observar si, al cap d' un temps d'afegir-los a l' aigua d'un cultiu d'*Artemia salina*, s'incorporen en el cos d'aquests organismes, com a conseqüència de la seva activitat filtradora.

3.2.4. Metodologia

Per la realització d'aquest experiment de laboratori, farem un cultiu d'*Artèmia salina* a partir d' ous liofilitzats comprats en una botiga d' aquaris. Al cap de 5 dies de desenvolupament, ja adultes o pròximes a aquest estadi, separarem una part del cultiu i el deixarem en dejuni durant 24-48 hores, per tal que el tub digestiu d'aquests copèpodes quedi net de residus d' aliment. Paral·lelament, extraurem microplàstics d'una crema cosmètica exfoliant. Finalment, extraurem unes gotes d' aigua del cultiu d'artèmies en dejú i les posarem en 4 portaobjectes excavats; 2 d' aquests seran el grup control que no estarà amb contacte amb microplàstics i els altres 2 portaobjectes seran el grup experimental, on afegirem, a discreció, una certa quantitat dels microplàstics que hem extret. Al cap d' uns minuts observarem amb un microscopi, a 100 augments, els 4 portaobjectes, fixant-nos el cos de les artèmies per a analitzar si han incorporat partícules de microplàstic i enregistrarem les imatges amb fotografies i vídeos.

A continuació descrivim els protocols seguits per a l'obtenció d'artèmia salina (l'obtenció de larves nauplis i el de neteja i manteniment del cultiu mare), per a l'extracció de microplàstics d'una crema cosmètica, i per a l'observació de la suposada ingesta i incorporació de microplàstics per *Artèmia salina*.

.

Protocol 1.1: Cultiu d'*Artèmia salina*

Per a l'obtenció de nauplis (larves artèmies) es necessita el següent material (Figura 14):

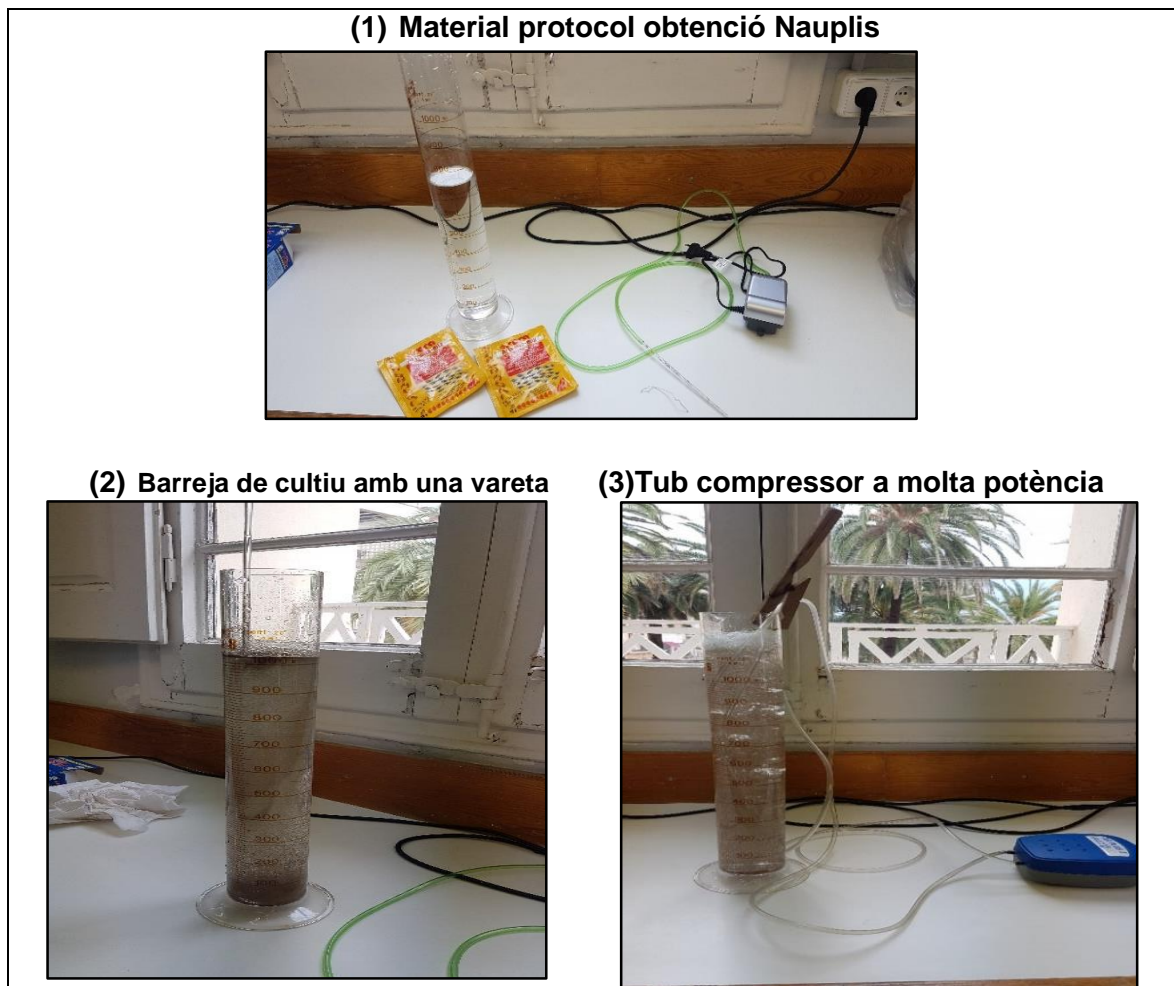
- 2 paquets ous artèmia (18gx2)
- aigua aixeta (1L)
- 1 proveta 1L
- compressor d'aire
- tub compressor d'aire 2m

Es segueix el següent procediment (Figura 12):

- 1) Posar 700ml d'aigua dolça a temperatura ambient a la proveta
- 2) Agregar 1 paquet
- 3) Barrejar amb una vareta per homogeneïtzar els ous i l'aigua
- 4) Abocar l'altre paquet
- 5) Barrejar amb una vareta

- 6) Afegir 300 ml més per tenir 1L d'aigua
- 7) Posar compressor a molta potència per mantenir ous en suspensió. Les bombolles han de ser suficientment grans com per que no es faci efecte escumador (generat pels lípids) i ha de tenir prou potència com per que no es dipositin els ous al fondo.
- 8) Mantenir entre 24-48h
- 9) En cas que no eclosionin la majoria, augmentar temperatura o salinitat per crear un ambient més agressiu i que surtin abans

Figura 14: Fases del procés d'obtenció de nauplis



Font: Elaboració pròpia (fotografies fetes pels autors a l'Escola del Mar de Badalona)

Protocol 1.2: Neteja i obtenció del cultiu mare

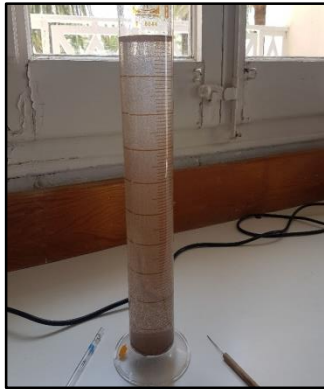
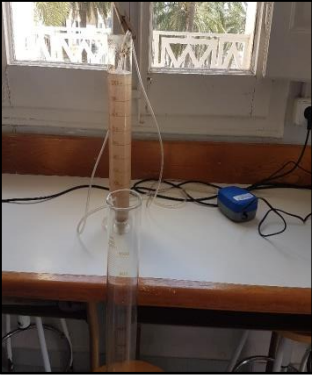
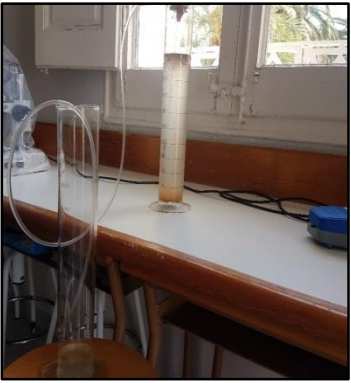
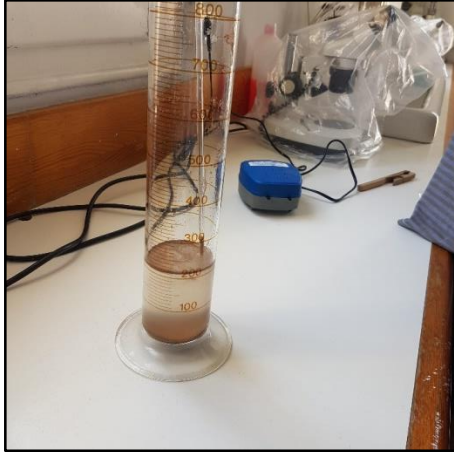
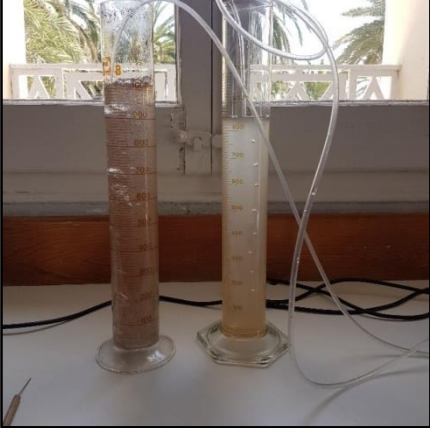
Es necessita el següent material:

- proveta amb artèmies
- proveta buida
- 2 tubs compressors
- compressor d'aire de dos tubs
- aigua de mar (si s'agafa directament del mar s'ha de deixar reposar 12 hores en un lloc fresc. Els sediments es dipositaran al fondo. Separar l'aigua salada dels sediments per decantació o filtració. Fer-ho les vegades que faci falta)
- menjar per artèmies (liquizell)

Es segueix el següent procediment (Figura 15):

- 1) Desconnectar compressor d'aire i esperar 10-20 minuts a que es formin les tres capes: capa fina a baix de tot (ous no eclosionats), capa gruixuda a dalt de tot (ous eclosionats) i entre mig d'aquestes dues, les artèmies recent nascudes.
- 2) Col·locar les dues provetes en diferent desnivell (la buida per sota la que conté artèmies)
- 3) Introduir el tub compressor entre les dues
- 4) Xuclar una vegada per tal que caigui l'aigua
- 5) Aguantar el tub de manera que permeti que l'aigua només amb nauplis passi d'una proveta a l'altre
- 6) Quan s'hagin ajuntat les dos capes d'ous o quan ja no pugui pujar més aigua, treure el tub compressor
- 7) Afegir aigua de mar al cultiu mare net fins a arribar a tenir 1L.
- 8) Posar en marxa el compressor d'aire de dos tubs. Introduir un tub al cultiu mare brut a màxima potència. Introduir l'altre tub amb un regulador d'aire per regular el pas d'aquest i que no surti tan.
- 9) Al cap de 24h alimentar les artèmies amb 4 gotes/L de liquizell
- 10) Passar l'aigua amb artèmies del cultiu mare net a un recipient més gran per tal que tinguin més espai per desenvolupar-se i més superfície per a un intercanvi de gasos (amb el compressor d'aire). Afegir 3L més d'aigua del mar a aquest recipient per arribar a tenir 4L.
- 11) Passades 24h més dona'ls-hi de menjar una altra vegada. 16 gotes (4gotes/L).
- 12) Esperar x dies a que es facin grans i anar afegint aliment (16 gotes) quan ja no quedin restes de l'altre dosi anterior. És molt important no sobrealimentar-les ja que poden morir, per això cal seguir estrictament el protocol d'alimentació del full d'instruccions del liquizell.

Figura 15: Fases del procés d'obtenció de cultiu mare

<p>(1) Tres capes: ous eclosionats, nauplis i ous no eclosionats</p>	<p>(2) Provetes en diferent desnivell per fer la neteja</p>	<p>(3) Pas de l'aigua amb nauplis d'una proveta a l'altre</p>
		
<p>Dues capes d'ous quasi juntes</p>	<p>Cultiu mare net i cultiu mare brut amb tubs compressors</p>	
		

Font: Elaboració pròpia (fotografies fetes pels autors a l'Escola del Mar de Badalona)

Protocol 2: Obtenció de microplàstics

Es necessita el següent material (Figura 16):

- crema exfoliant
- balança de precisió
- 1 vas de precipitats de 250ml
- 1 vas de precipitats d'1L
- cristal·litzador
- agitador magnètic
- filtrador (tros de canonada obert per les dues bandes amb malla per zooplàncton a un extrem lligada amb una brida)
- paper secant
- càpsula petri
- minipimer

Figura 16: Material protocol obtenció de microplàstics



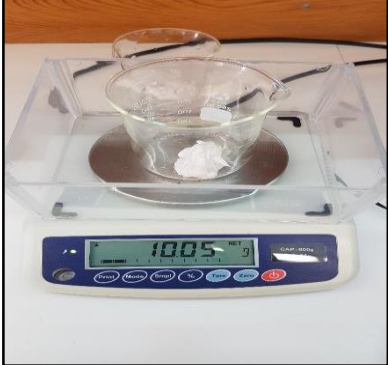


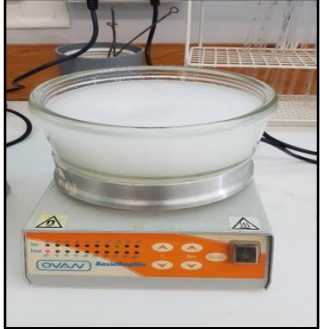


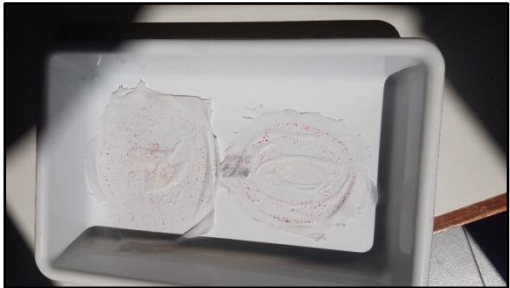

Font: Elaboració pròpia (fotografies fetes pels autors a l'Escola del Mar de Badalona)

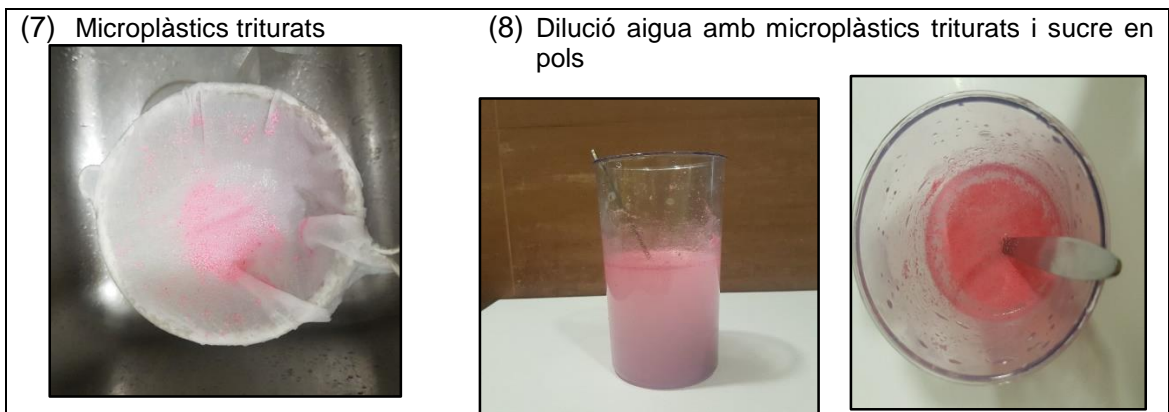
Es segueix el següent procediment (Figura 17):

- 1) Pesar 10 grams de crema amb la balança en un vas de precipitats de 200ml.
- 2) Diluir els 10 grams de crema en 500ml d'aigua temperatura ambient en un vas de precipitats d'1L.
- 3) Posar la dilució en un cristal·litzador per aguantar millor l'agitador.
- 4) Posar en marxa l'agitador magnètic a 1050 rpm durant 5-10'.
- 5) Filtrar la mostra amb el filtrador:
- 6) Posar paper secant al fons del filtrador.
- 7) Abocar poc a poc la dissolució d'aigua i crema amb microplàstics.
- 8) Extreure paper mullat amb microplàstics i col·locar-lo en safata per assecar-lo.
- 9) Repetir procés de filtració les vegades que faci falta fins filtrar tota la dissolució.
- 10) Conservar microplàstics en una càpsula de petri per no contaminar la mostra
- 11) Barrejar els microplàstics obtinguts amb sucre en un recipient i batre amb el minipimer fins que es torni pols. (El fet d'afegir-hi sucre és per a poder triturar amb més facilitat els plàstics). Cal seguir barrejant amb el minipimer fins que el sucre es vegi d'un color similar al dels microplàstics.
- 12) Barrejar la pols obtinguda amb aigua fins que es dissolgui el sucre
- 13) Filtrar la mescla heterogènia de la mateixa manera anteriorment que s'han filtrat els microplàstics.

14) Recollir els plàstics en pols i guardar-los en una càpsula de petri

Figura 17: Procediment obtenció de microplàstics.

(1) Pesant 10 g de crema exfoliant	(2) Dilució en 500ml aigua	
		
(3) Agitador magnètic agitant dilució crema i aigua	(4) Mostra amb el filtrador i paper	
		
(5) Paper amb microplàstics secant-se	(6) Total de microplàstics extrets de la crema exfoliant	
		



Font: Elaboració pròpia (fotografies fetes pels autors a l'Escola del Mar de Badalona)

Protocol 3: Observació de la ingesta i incorporació de microplàstics per *Artèmia salina*

Es necessita el següent material:

- Artèmia salina adulta
- Microplàstics (extrets de la crema exfoliant)
- Portaobjectes excavats
- Pipetes
- Càpsules de Petri
- Pinzellet
- Lupes digitals o microscopis (per fer vídeos i fotos)

Es segueix el següent procediment (Figura 18):

- 1) Deixar el cultiu d'artèmies en dejú dos dies abans de fer l'observació per tal que quedin poques restes d'aliment al tub digestiu i així aconseguir d'una banda que estiguin més actives en l'activitat filtradora i d'altra que es visualitzin millor els microplàstics en el seu interior en el cas de ser incorporats.
- 2) Separar el cultiu mare net en dos grups: grup control i grup experimental. El primer no estarà en contacte amb els microplàstics, en canvi, el segon si que ho estarà.
- 3) Agafar 2ml d'aigua amb artèmies de cada grup (control i experimental) amb les pipetes i posar les mostres en dues càpsules de Petri.
- 4) Amb una pipeta posar una gota d'aigua amb artèmies de cada càpsula de Petri en un portaobjectes excavat.
- 5) Amb un pinzellet afegir una certa quantitat de microplàstics al portaobjectes excavat del grup experimental.
- 6) Observar amb el microscopi o lupa digital el portaobjectes del grup control i del grup experimental; fer fotografies i gravacions.

Figura 18: Procediment per a la incorporació de microplàstics a la ingesta de Artèmia salina

(1) Aigua amb artèmies del grup control



(2) Portaobjectes excavat amb artèmies del grup control i del grup experimental

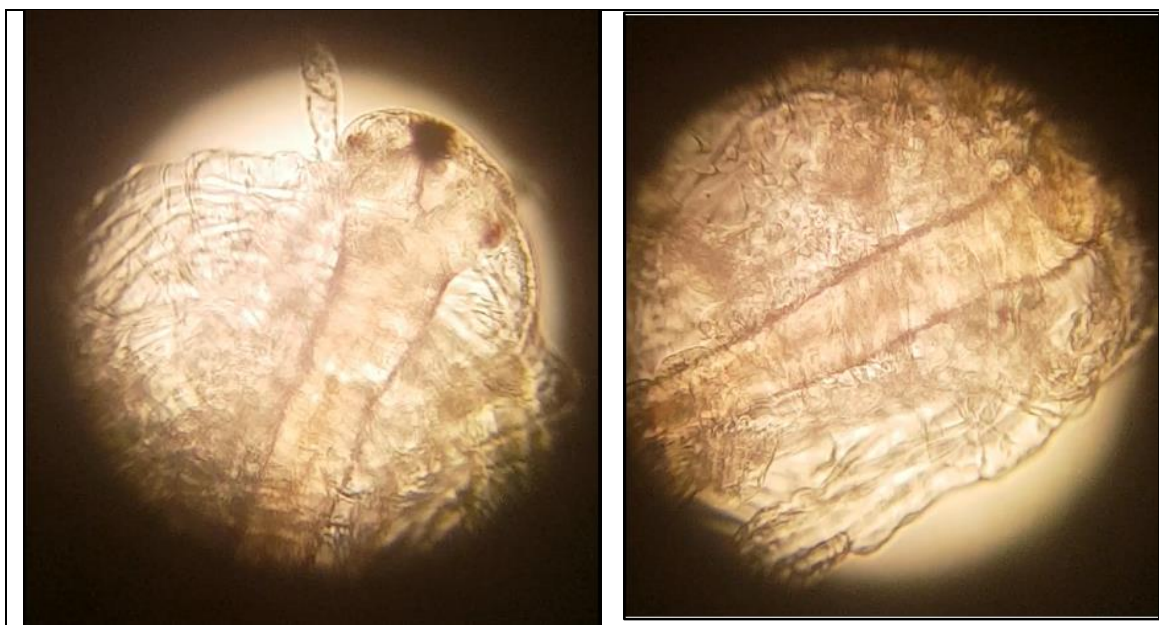


Font: Elaboració pròpia (fotografies fetes pels autors a l'Escola del Mar de Badalona)

3.2.5. Resultats

El grup control està format per Artèmies en dejuni i, per tant, en absència de microplàstics. En observar aquesta d'Artèmies observem el seu estat natural, amb el tub digestiu completament transparent, sense presència de plàstics al seu interior (Figura 19).

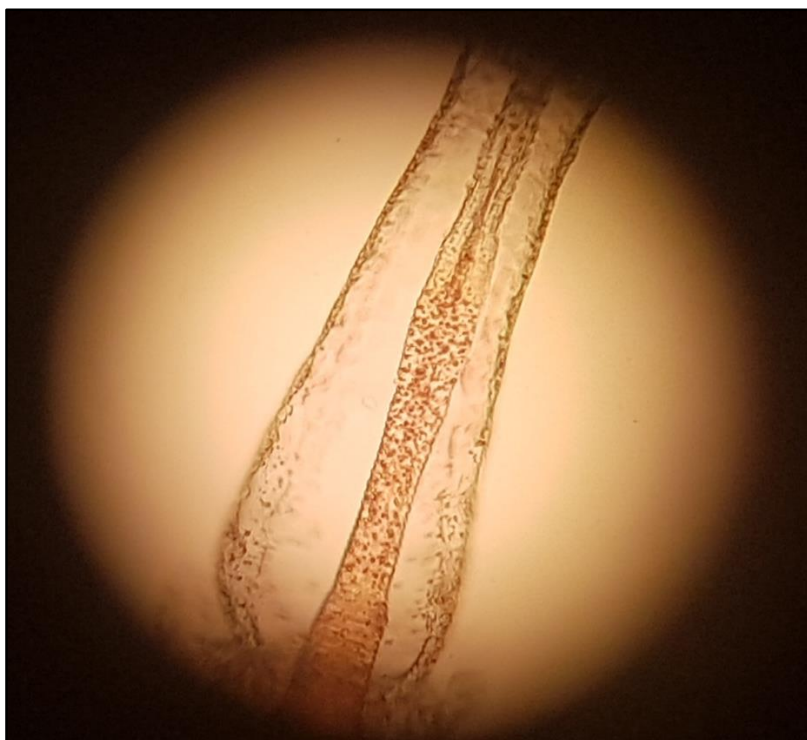
Figura 19: Fotografia d'Artemia salina a 100 augments.



Font: Elaboració pròpia (fotografies fetes pels autors a l'Escola del Mar de Badalona)

En canvi, l'observació del grup experimental compost per Artèmies en dejuni a les quals s'ha aplicat unes gotes d'aigua amb microplàstics vermells afegits, s'observen partícules vermelles de microplàstics en el seu interior (Figura 20). Els autors disposen de gravacions en vídeo de les observacions.

Figura 20: Fotografia d'Artemia salina a 100 augments.



Font: Elaboració pròpia (fotografies fetes pels autors a l'Escola del Mar de Badalona)

3.2.6. Anàlisi i discussió dels resultats

La comparació de les imatges recollides a 100 augments del grup control (Figura 19) i el grup experimental (Figura 20) permet observar diferències rellevants. En el grup control la part anterior i posterior del tub digestiu de l'artèmia es troba lliure de partícules vermelles i rosades (microplàstics). En el grup experimental s'observa la presència de partícules vermelles i de coloracions rosades al llarg de tot el tub digestiu. Per tant, podem afirmar que les artèmies que estan en contacte amb les partícules de microplàstics incorporen part d'aquestes en el seu tub digestiu, com a resultat de la seva activitat filtradora i es confirma la hipòtesi (h5).

3.2.7. Conclusions

Podem concloure que les artèmies que estan en contacte amb les partícules de microplàstics (i per extensió, els organismes de zooplàncton filtrador) incorporen part d'aquestes al seu tub digestiu.

Aquest fet té una gran rellevància; d'entrada perquè indica que els microplàstics presents al mar entren a la xarxa tròfica de l'ecosistema marí, podent afectar d'aquesta manera als organismes dels nivells tròfics superiors i fins i tot als humans, ja que nosaltres estem en el darrer d'aquests nivells.

Caldrà fer estudis posteriors per veure si alguns microplàstics poden convertir-se en nanoplàstics i passar del tub digestiu als teixits dels organismes obrint la possibilitat de la bioacumulació al llarg dels nivells tròfics.

D'altra banda, aquest fet és rellevant si tenim en compte que, segons diversos estudis altres estudis (Michałowicz, 2014; Koelmans et al., 2015; Greenpeace, 2016a), els microplàstics, a més dels efectes físics que puguin produir com a partícules en sí, poden produir també efectes químics pel fet d'alliberar substàncies tòxiques, ja siguin incorporades en el seu procés de fabricació o bé procedents d'altres contaminants marins (metalls pesants, etc.), incrementant així els efectes negatius sobre els organismes que els incorporen.

3.3. IMPACTE DE MACROPLÀSTICS SOBRE ELS VERTEBRATS MARINS

3.3.1 Introducció

Per estudiar l'impacte de macroplàstics sobre vertebrats marins ens vam adreçar al Centre de Recuperació d'Animals Marins (CRAM) que com ja hem exposat és una institució sense ànim de lucre que, a través d'un contracte amb la Generalitat de Catalunya, s'encarrega del rescat i la recuperació d'espècies marines amenaçades que arriben a la costa catalana. Centenars de cetacis, elasmobranquis, tortugues i aus marines apareixen al llarg de tot el litoral amb lesions severes o malalties, la majoria de les vegades causades per la interacció humana. Per a això, es disposa d'aquest centre de recuperació que permet mantenir un sistema de resposta immediata i permanent. L'objectiu de CRAM és rescatar a aquests animals per recuperar-los i reintroduir-los en el seu hàbitat el més aviat possible.

Nosaltres ens vàrem inscriure en el seu programa d'assessorament als Treballs de Recerca de batxillerat per a sol·licitar l'accés a les seves bases de dades on s'enregistren les dades dels animals rescatats (vius o morts) i les circumstàncies dels seus rescats, per tal de trobar informació sobre els casos que tindrien relació amb els plàstics.

3.3.2. Hipòtesis

Les nostres hipòtesis sobre l'impacte dels macroplàstics sobre els macrovertebrats marins són aquestes:

h6: "Una gran part dels rescats del Centre de Recuperació d'Animals Marins (CRAM) impliquen una interacció dels animals amb els macroplàstics".

h7: "Alguns tipus de vertebrats són més vulnerables que d'altres davant la presència de plàstics".

h8: "Els animals que entren en contacte amb els macroplàstics desenvolupen diversos tipus de patologies per aquesta causa".

h9: "Si se suposa que la presència de macroplàstics va en augment, al llarg del temps s'observarà un augment de rescats de vertebrats marins per causa d'aquests"

3.3.3- Objectius

6. Estudiar, a partir de les bases de dades del CRAM, quin percentatge de vertebrats rescatats pel CRAM estan afectats per plàstics.
7. Analitzar estadísticament si aquests casos van en augment i si hi ha unes espècies més afectades que d'altres.
8. Analitzar estadísticament si hi ha correlació entre la presència de plàstics en el cos dels animals rescatats i el desenvolupament de patologies.

3.3.4. Metodologia

Com ja hem indicat abans, les dades que hem obtingut en aquesta part de la nostra recerca procedeixen dels arxius del CRAM. Les sessions pràctiques que ens oferia el programa d'assessorament a Treballs de Recerca de Batxillerat les vàrem dedicar a seleccionar i a analitzar aquells arxius de dades que ens permetrien contrastar les nostres hipòtesis i treure conclusions sobre aquest tema. Hem de dir que això no ha estat fàcil perquè la peculiar política de privacitat d'aquesta institució no ens permetia compartir les dades per mitjans informàtics, sinó que havíem d'introduir manualment en els nostres ordinadors totes aquelles dades que ens interessessin i que presentem resumides en les taules del següent apartat.

Amb les dades recollides a partir dels arxius de rescats del CRAM vàrem construir diverses taules. Posteriorment hem fet la seva anàlisi estadística i en alguns casos hem fet proves de contrast d'hipòtesis per a determinar si les diferències observades són estadísticament significatives o no.

En analitzar les dades dels arxius del CRAM hem trobat diversos buits i ambigüitats que han dificultat la nostra recerca. Una d'aquestes ambigüitats és que, en designar les causes d'embarament dels animals una d'aquestes causes s'indica com a "enredament", sense aclarir si l'animal ha estat enredat a les xarxes mentre es pescava, o bé si s'ha quedat enredat amb una xarxa abandonada. Això ha dificultat el nostre estudi perquè no es possible distingir si l'animal s'ha enredat en la xarxa d'un vaixell que està en el primer cas no correspondria a una interacció directa amb els macroplàstics presents al mar, per més que les xarxes siguin de plàstic, mentre que el segon cas sí que ho seria.

Hem trobat també que alguns registres eren incomplets o amb errades. Per exemple, el número de tortugues total no concordava amb la suma total d'enregistraments d'incidències. També hem observat l'existència de períodes sense enregistrar o que els grups de vertebrats, malgrat l'existència de rescats, no sempre es registraven les causes concurrents. Només hi ha registres complerts de la tortuga Careta. Tot i que no sempre s'han fet de forma sistemàtica, ha estat la única espècie que hem pogut estudiar contràriament a les nostres previsions inicials. Les dades de rescats per culpa dels plàstics no s'han començat a registrar fins l'any 2013.

3.3.5. Resultats

A continuació es mostrem les dues taules que recullen les dades que posteriorment analitzarem per contrastar les nostres hipòtesis. A la Taula 23 es mostren el total de rescats de tortuga Careta realitzats per part del CRAM des de l'any 1994 i les seves afectacions. A la Taula 24 es recullen els rescats de tortuga Careta on s'hi ha enregistrarat plàstic com a causa i les seves afectacions. Com es pot veure la incidència de plàstics es registra a partir de l'any 2013, motiu pel qual la nostra mostra d'estudi es redueix a 13 individus.

Taula 23: Rescats de tortuga Careta per part del CRAM des de l'any 1994.

Any	Nº individus	Afectats plàstic	Estat		Diagnòstic											
			Vius	Morts	Ham	Enredada	Fractura	Amputació	Ferida	Flotació	Ofegada	Infecció	Petroleada	Plàstics	Descom-pressió	
1994	6	0	6	0		5	1		1	1		1				
1995	24	0	18	6	12	2	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0
1996	33	0	27	6	17	4	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0
1997	16	0	11	5	11	1	0	0	2	3	0	1	0	0	0	0
1998	45	0	39	6	30	4	1	0	5	8	1	0	0	0	0	0
1999	74	0	69	5	51	3	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0
2000	59	0	46	13	39	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0
2001	109	0	83	26	67	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
2002	51	0	32	19	21	8	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0
2003	50	0	38	12	4	6	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0
2004	46	0	26	20	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
2005	27	0	14	13	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	56	0	36	20	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	63	0	38	25	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	59	0	22	37	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	30	0	12	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	24	0	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	31	0	8	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2012	5	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	3	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2015	11	3	9	2	1	0	1	0	1	0	0	3	0	3	0	0
2016	13	5	12	1	0	3	0	0	3	1	0	2	0	5	0	0
2017	26	2	23	3	0	4	1	0	2	0	0	1	0	2	4	0
2018	29	1	28	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

Taula 24: Rescats de la tortuga Careta on s’hi ha enregistrat plàstic com a causa

Any	Estat		Diagnòstic							
	Vius	Morts	Ham	Enredada	Fractura	Ferida	Flotació	Ofegada	Infecció	Descompressió
2013	X		sí	no	no	no	no	no	no	no
2013	X		sí	no	no	no	no	no	no	no
2015	X		no	no	no	no	no	no	no	no
2015	X		no	no	no	no	no	no	no	no
2015	X		no	no	no	no	no	no	no	no
2016	X		no	no	no	no	no	no	no	no
2016	X		no	no	no	no	no	no	sí	no
2016	X		no	no	no	no	no	no	no	no
2016	X		no	sí	no	sí	no	no	sí	no
2016	X		no	sí	no	no	no	no	no	no
2017		X	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
2017	X		no	no	no	no	no	no	no	sí
2018	X		no	no	no	no	no	no	no	no

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

3.3.6. Anàlisi i discussió dels resultats

Hipòtesi h6: “Una gran part dels rescats del CRAM impliquen una interacció dels animals amb els macroplàstics”. Segons les dades enregistrades des del 2013, que és quan el CRAM va començar a anotar observacions sobre la presència de plàstics, el 86% de les tortugues rescatades no contenien plàstic i només el 14% sí. Tanmateix, si considerem que els que en els arxius del CRAM es qualifiquen d’enredaments són, de fet, interaccions amb xarxes probablement abandonades, llavors la proporció de tortugues afectades pels plàstics ascendeix al 24,39%. Aquest resultat contrasta amb les dades publicades per Schuyler et al. (2013), segons el qual el 52% de les tortugues ingereixen plàstics i també amb diferents treballs de Brendan Godley (director del Centre d' Ecologia i Conservació de la Universitat d' Exeter), segons el qual el 91 % de les tortugues trobades mortes a les platges de l’Atlàntic, Pacífic, Índic, Carib i Mediterrani havien mort per quedar enredades en xarxes de pesca abandonades o amb d’ altres objectes plàstics. Tenint en compte això, tot i que el resultat que hem obtingut a partir dels registres del CRAM d’ un 24,39% de tortugues rescatades amb interaccions amb objectes plàstics no és gens menyspreable, ens inclinem a pensar

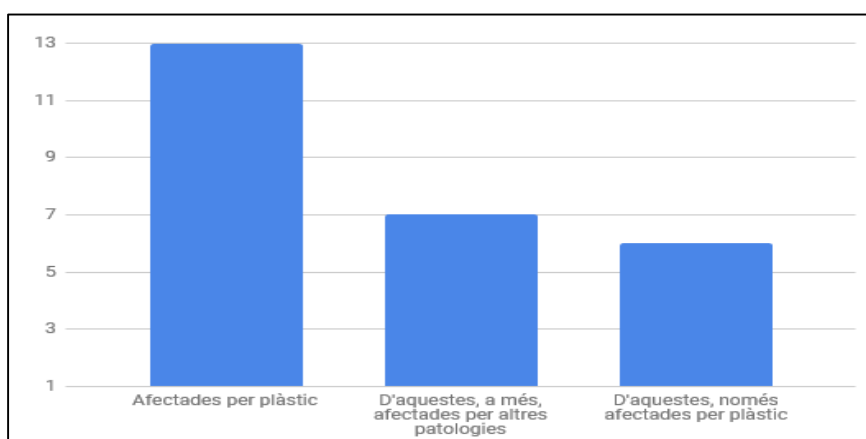
que probablement és un resultat desviat a la baixa, condicionat per la baixa sistematització de les dades relacionades amb els plàstics en els registres d'aquesta fundació.

Hipòtesi h7: “Alguns tipus de vertebrats són més vulnerables que d’altres davant la presència de plàstics”. Malauradament, aquesta hipòtesi no es pot contrastar amb les dades del CRAM ja que, com hem esmentat abans, només hem accedit a registres de tortuga *Caretta caretta*.

Hipòtesi h8: “Els animals que entren en contacte amb els macroplàstics desenvolupen diversos tipus de patologies per aquesta causa”.

A partir de les dades del CRAM hem calculat que el 53% de les tortugues que contenien plàstic també tenien altres patologies.

Gràfic 12: Relació del plàstic amb altres patologies

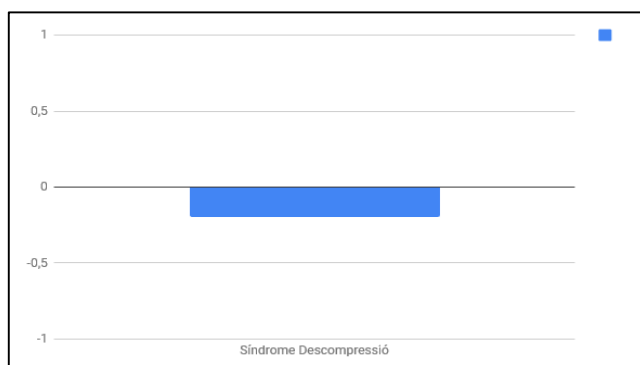


Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

A continuació s'analitza el grau de correlació entre la presència de plàstic i l'existència d'altres patologies. Dit d'una altra manera, comprovem si els plàstics són la variable independent o explicativa dels rescats del CRAM i les altres patologies les variables resposta o dependents del plàstic. Això s'ha realitzat amb la taula d'estadística bidimensional. El coeficient de Pearson indica el grau de correlació que té cada patologia amb el plàstic. Si aquest és proper a 1 o -1 vol dir que la correlació és forta, mentre que si el número s'apropa al 0, la correlació és feble.

- Síndrome de descompressió: El coeficient de Pearson és -0,2 (Gràfic 13); per tant podem afirmar que la síndrome de descompressió té poca correlació amb la presència de plàstics; és a dir, la síndrome de descompressió no és una conseqüència dels plàstics.

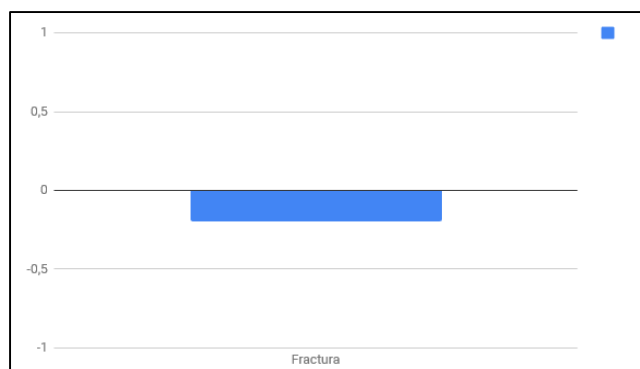
Gràfic 13: Correlació plàstic i síndrome de descompressió



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

- Fractura: El coeficient de Pearson és -0,22 (Gràfic 14); per tant podem afirmar que les fractures tenen poca correlació amb la presència de plàstics; és a dir, que, en general, les fractures no són una conseqüència dels plàstics.

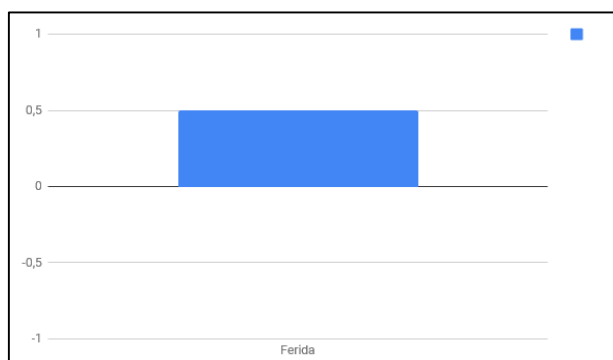
Gràfic 14: Correlació plàstic i fractura



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

- Ferida: El coeficient de Pearson és 0,5 (Gràfic 15), en conseqüència podem afirmar que les ferides tenen una alta correlació amb la presència de plàstics; és a dir, que generalment les ferides són una conseqüència dels plàstics.

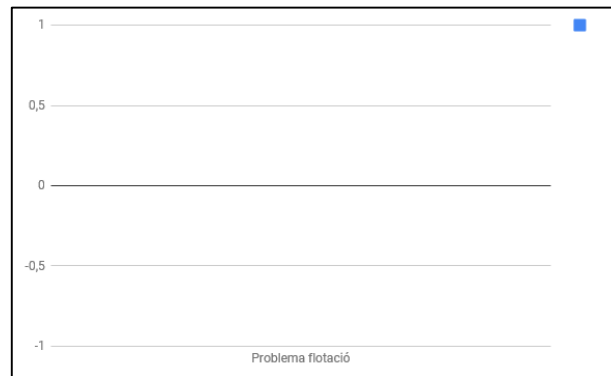
Gràfic 15: Correlació plàstic i ferida



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

- Problema de flotació: El coeficient de Pearson és 0 (Gràfic 16), per tant podem afirmar que els problemes de flotació no tenen cap correlació amb la presència de plàstics; és a dir, que, en general, els problemes de flotació no són conseqüència dels plàstics.

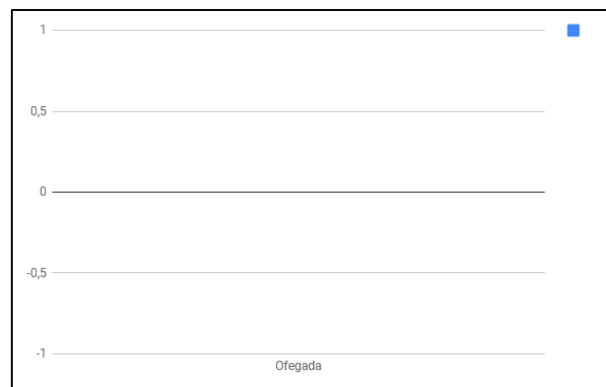
Gràfic 16: Correlació plàstic i problema flotació



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

- Ofegament: El coeficient de Pearson és 0 (Gràfic 17); en conseqüència podem afirmar que els ofegaments no tenen cap correlació amb la presència de plàstics; és a dir, que, en general, els ofegaments no són conseqüència dels plàstics.

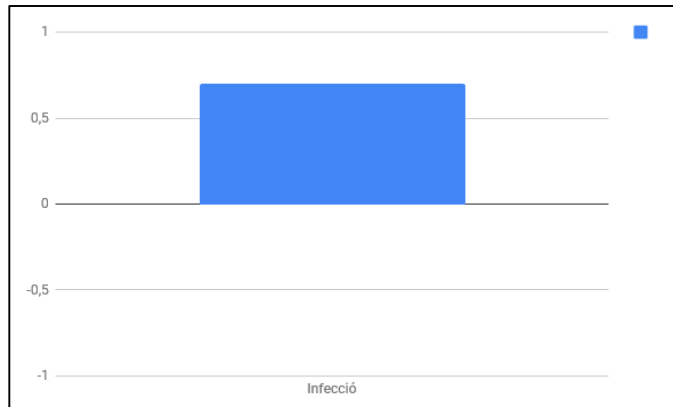
Gràfic 17: Correlació plàstic i ofegament



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

- Infecció: El coeficient de Pearson és 0,77 (Gràfic 18); en conseqüència podem afirmar que les infeccions tenen una alta correlació amb la presència de plàstics; és a dir, que en general, les infeccions són una conseqüència dels plàstics

Gràfic 18: Correlació plàstic i infecció



Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del CRAM

En síntesi, a partir de les dades analitzades podem afirmar que, efectivament, la interacció de les tortugues amb objectes de plàstic té una alta correlació amb patologies com ferides i les infeccions; tot i que les tortugues rescatades presenten d'altres patologies poc relacionades amb els plàstics, com ara les fractures, els problemes de flotació, el síndrome de descompressió i l'ofegament.

A més, com hem citat anteriorment, el plàstic, ja siguin malles o xarxes, poden provocar altres patologies com l'amputació, ferides o impediments generats pel mateix objecte. Aquí també s'hi veuria un alt grau de correlació entre l'enredament per xarxes i altres patologies.

Hipòtesi h9: "Si se suposa que la presència de macroplàstics va en augment, al llarg del temps s'observarà un augment de rescats de vertebrats marins per causa d'aquests".

Aquesta hipòtesi no es pot demostrar degut a la falta d'informació en els arxius del CRAM, ja que en aquests, les tortugues afectades per plàstic es van començar a anotar el 2013 i, a partir d'aquest any només s'han trobat tretze tortugues amb aquesta afectació, cosa que ens impossibilita extreure cap conclusió amb fonaments sòlids.

3.3.7. Conclusions

Segons les dades enregistrades en els arxius del CRAM, un 24,39% de les tortugues rescatades mostren interaccions amb objectes plàstics. Així doncs, encara que és una proporció gens menyspreable, el plàstic no és la principal causa dels rescats efectuats per aquesta institució. Per contrast amb dades d'altres estudis de referència, ens inclinem a pensar que probablement aquest resultat està desviat a la baixa, condicionat per la poca sistematització de les dades relacionades amb els plàstics en els registres del CRAM.

La hipòtesi “Si se suposa que la presència de macroplàstics va en augment, potser al llarg del temps s’observarà un augment de rescats per causa d’aquests” no es pot demostrar degut a la falta d’informació en els arxius del CRAM.

La hipòtesi “Potser alguns tipus de vertebrats són més vulnerables que d’altres davant la presència de plàstics” no es pot contrastar amb les dades del CRAM ja que, com hem esmentat abans, només hi ha registres de tortuga *Caretta caretta*.

Finalment, a partir de les dades analitzades podem afirmar que, efectivament, la interacció de les tortugues amb objectes de plàstic té una alta correlació amb patologies com ferides i infeccions; tot i que les tortugues rescatades presenten d’altres patologies poc relacionades amb els plàstics, com ara fractures, problemes de flotació, síndrome de descompressió i ofegament.

4. CONCLUSIONS GENERALS

1. Després de fer mostrejors de la sorra de la platja de la Barceloneta durant 10 mesos seguint el protocol de recollida de plàstics i analitzar aquestes dades estadísticament podem afirmar que:

1.1. Efectivament hi ha microplàstics a la sorra, i que la concentració d'aquests a la Barceloneta és d'un ordre de magnitud semblant però superior que el determinat per l'estudi (Estudi sobre quantificació de fonts de microplàstics i identificació de possibles mesures per a la seva reducció en la font) com a valor promig de les platges espanyoles, cosa que no ens ha sorprès perquè la conca Mediterrània i en particular l'àrea de Barcelona és especialment poblada.

1.2. Malgrat que les dades publicades indiquen que la utilització de plàstics en general encara està en augment, en el període de temps estudiat, no s'ha observat un augment significatiu en la concentració de micro i mesoplàstics a la platja de la Barceloneta. És probable que sigui un període de temps massa curt per a veure si hi ha un increment significatiu en la concentració d'aquests.

1.3. A la vegada hem trobat que la majoria de microplàstics són secundaris i que hi ha més concentració de microplàstics que de mesoplàstics, cosa que era d'esperar perquè quan van fent neteja de les platges es van reduint els mesoplàstics, mentre que els microplàstics s'hi acumulen. També hi ha més partícules de microplàstics perquè la majoria són plàstics secundaris, és a dir, fragments d'altres meso o macroplàstics i d'un macro o mesoplàstic poden sortir desenes de microplàstics.

2. Amb la comparació que s'ha fet de les dades de les concentracions dels diferents tipus de plàstics a les platges de la Barceloneta i de Blanes, com a representants de dos municipis amb diferent mida poblacional i amb diferent afluència de turisme, hem comprovat que:

2.1. Existeix una correlació positiva directa entre el turisme i la concentració de micro i mesoplàstics a les platges; i hem trobat una major concentració d'aquests allà on la població és major.

3. A partir de l'experiment que hem dissenyat i hem realitzat a l'Escola del Mar de Badalona, extraient microplàstics d'una crema exfoliant i posant-los en contacte amb *Artemia salina* hem pogut comprovar que:

3.1. Una part dels microplàstics presents al mar són incorporats pel zooplàncton i, per tant, entren a les cadenes alimentàries marines, ja que aquests organismes són al primer nivell de consumidors. D'això es desprèn que, a banda de l'efecte físic que poden produir els plàstics, és probable que els organismes marins que els incorporin puguin patir efectes químics produïts pels additius i substàncies tòxiques que transporten els microplàstics a la capa exterior. No hem d'oblidar que l'home està a l'últim graó d'aquesta xarxa tròfica, podent així ser també afectat pels microplàstics abocats al mar.

4. Havent accedit a les bases de dades del CRAM i havent analitzat estadísticament les dades sobre els rescats de Tortuga Careta, hem pogut comprovar que:

4.1 Els macroplàstics tenen un impacte negatiu sobre aquests vertebrats i que, com a mínim, un 24% de les tortugues rescatades pel CRAM a la costa catalana han interactuat amb residus de plàstic.

4.2. També s'ha comprovat que aquesta interacció amb plàstics comporta ferides i el desenvolupament d'infeccions als animals marins.

Per manca de dades en els arxius del CRAM no s'ha pogut comprovar si en les darreres dècades s'ha produït un augment de rescats de vertebrats marins a causa de la seva interacció amb els residus plàstics, perquè tan sols es van començar a fer anotacions sobre els plàstics a partir de l'any 2013 i de forma poc sistemàtica. Per la mateixa raó, tampoc s'ha pogut comparar la incidència de la problemàtica dels plàstics en els diferents tipus de macro vertebrats marins i si hi ha espècies més susceptibles que d'altres.

Així doncs, amb aquest estudi, hem pogut comprovar la gravetat de la problemàtica dels plàstics a la costa catalana i considerem que és molt necessari prendre mesures efectives per la reducció d'aquests residus al mar i completar amb nous estudis el coneixement sobre el comportament i la dinàmica dels plàstics en el mar i les seves interaccions amb els organismes.

Proposta de seguiment de la recerca

Pensem que la línia de treball sobre els microplàstics i mesoplàstics presents a la sorra de la platja hauria de continuar-se amb aquestes propostes:

- Prosseguir amb el mateix estudi durant els anys necessaris per a conèixer amb més fiabilitat i precisió la seva variació al llarg del temps.
- Ampliar la comparació entre municipis de diferents característiques per a conèixer millor els factors terrestres que influeixen en la concentració de plàstics.
- Modificar lleugerament el sistema de mostreig de manera que aquests no comportin la retirada de plàstics ja que això distorsiona el càlcul de les concentracions acumulades al llarg del temps.

Pel que fa a la línia de treball sobre la incorporació dels microplàstics ens els invertebrats marins plantegem aquestes fites:

- Comprovar si els microplàstics incorporats pel zooplàncton s'incorpora també en el cos dels organismes dels altres nivells tròfics.
- És necessari determinar si els microplàstics després de passar al tub digestiu són descompostos i absorbits cap als teixits de l'organisme i també si es produeix bioacumulació.
- A banda dels efectes físics comprovats en aquest estudi, seria convenient estudiar quins efectes bioquímics poden produir els microplàstics en ser ingerits.

Per últim, quant a l'estudi de l'impacte dels macropàstics sobre els vertebrats marins, seria de gran utilitat que el CRAM millorés les observacions i els registres dels rescats que involucren interaccions amb plàstics. I, que aquestes dades fossin accessibles a tothom qui vulgui accedir-hi.

Valoració personal dels aprenentatges adquirits en la recerca

Per acabar, volem fer esment de les moltes competències que hem adquirit en el transcurs d'aquesta investigació, com ara la capacitat de seleccionar les fonts, la comprensió de publicacions científiques, la capacitat de síntesi i l'expressió escrita. Cal d'estacar la importància d'establir contactes amb institucions i investigadors, els quals ens han ajudat en l'aplicació del mètode científic i el disseny experimental, l'anàlisi estadística de dades i a treballar en un laboratori amb autonomia.

De caràcter més personal destaquem el desenvolupament de la iniciativa i l'autonomia, la capacitat de treballar en equip i, en conseqüència, paciència i constància.

Finalment, i no menys important, tot aprofundint en l'impacte dels plàstics en el medi marí, hem pres consciència de l'impacte dels humans en el nostre planeta i de la imperiosa necessitat de reconduir.

5. BIBLIOGRAFIA

5.1 REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Allen, R., Jarvis, D., Sayer, S., & Mills, C. (2012). Entanglement of grey seals, *Halichoerus grypus*, at a haul out site in Cornwall, UK. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2815–2819
- Anastasopoulou, A., Mytilineou, C., Smith, C. J., & Papadopoulou, K. N. (2013). Plastic debris ingested by deep-water fish of the Ionian Sea (eastern Mediterranean). *Deep-Sea Research I*, 74, 11–13
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596–1605
- Baulch, S., & Perry, C. (2014). Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans. *Marine Pollution Bulletin*, 80, 210–221
- Bilbao, A. (2015). *Desengancharse del Plástico. Ecologistas en Acción*. [PDF]. Disponible a: <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-plastico.pdf>
- Bilkovic, D. M., Havens, K., Stanhope, D., & Angstadt, K. (2014). Derelict fishing gear in Chesapeake Bay, Virginia: Spatial patterns and implications for marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 80, 114–123.
- Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., & Lagueux, C. J. (1994). Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 28, 154–158
- Brandao, M. L., Braga, K. M., & Luque, J. L. (2011). Marine debris ingestion by magellanic penguins, *Spheniscus magellanicus* (Aves: Sphenisciformes), from the Brazilian Coastal Zone. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2246–2249
- Brate, I.L.; Eidsvoll, D.P.; Constantin Steindal, C.; Thomas, K.V. (2016). Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 112, 105-110
- Buxton, R.T.; Currey, C.A.; O'B Lyver, P.; Jones, C.J. (2013). Incidence of plastic fragments among burrow-nesting seabird colonies on offshore islands in northern New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 420-424
- Carson, H. S., Lamson, M. R., Nakashima, D., Toloumu, D., Hafner, J., Maximenko, N., McDermid, K.J. (2013). Tracking the sources and sinks of local marine debris in Hawaii. *Marine Environmental Research*, 84, 76–83
- Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review *Marine Pollution*, Bulletin 62, 2588–259.
- Cózar A, Sanz-Martín M, Martí E, González-Gordillo JI, Ubeda B, Gálvez JÁ, et al. (2015) Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea. PLoS ONE 10(4): e0121762.
- Day, R. H., Wehle, D. H. S. & Coleman, F. C. (1985). Ingestion of plastic pollutants by marine birds. In *Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris* (pp. 344–386). NOAA Technical Memorandum, NMFS, SWFC 54
- De Stephanis, R., Gimenez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-Exposito, C., & Canadas, A. (2013). As main meal for sperm whales: Plastics debris. *Marine Pollution Bulletin*, 69, 206–214
- Denuncio, P., Bastida, R., Dassis, M., Giardino, G., Gerpe, M., & Rodriguez, D. (2011). Plastic ingestion in franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Gervais and D'Orbigny, 1844), from Argentina. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1836–1841.

- Deudero, S. & Alomar, C. (2015). Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. *Marine Pollution Bulletin*, 98, 58-68
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., Aldridge, D.C. (2015). Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Res*, 75, 63–82.
- Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., Ogi, H., Yamashita, R., Date, T. (2005). Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. *Marine Pollution Bulletin*, 50(10), 1103–1114.
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borroero, J.C., et al. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE* 9 (12): e111913.
- Fendall, L.S. & Sewell, M.A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar Pollut Bull*, 58 (8):1225-8.
- Fredj, G., Bellan-Santini, D. & Meinardi, M. (1992). Etat des connaissances sur la faune marine méditerranéenne. *But. Institut Oceanografic de Mónaco*, 9, 133-145.
- Gall, S.C. & Thompson, R.C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin* 92, 170-179
- Gray, H., Lattin, G. L., & Moore, C. J. (2012). Incidence, mass and variety of plastics ingested by Laysan (Phoebastria immutabilis) and black-footed albatrosses (P. nigripes) recovered as by-catch in the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2190–2192
- Greenpeace (2016a). *Plásticos en los Océanos*. [PDF]. Disponible a: [http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos en los oceanos LR.pdf](http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos%20en%20los%20oceanos_LR.pdf)
- Greenpeace (2016b). *Un Mediterráneo lleno de plástico*. [PDF]. Disponible a: [http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2017/documentos/oceanos/Mediterranea n%20plastic%20report-LR.pdf](http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2017/documentos/oceanos/Mediterranea%20plastic%20report-LR.pdf)
- Gregory, M. R. (1978). Accumulation and distribution of virgin plastic granules on New Zealand beaches. *Journal of Marine and Freshwater Research*, 12, 399–414.
- Gregory, M.R. (1999). Plastics and South Pacific Island shores: environmental implications, *Ocean & Coastal Management*, Volume 42, Issues 6–7, 603-615.
- Hoss, D. E., & Settle, L. R. (1990). Ingestion of plastics by teleost fishes. In R. S. Shomura & M.L. Godfrey (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference of Marine Debris* (pp. 693–709). Honolulu, Hawaii: U.S. Department of Commerce, NOAA Tech Memo, NMFS
- Kühn, S., Bravo, E. L., & van Franeker, J. A. (2015). Deleterious effects of litter on marine life. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 75–116). Berlin: Springer
- Laist, D. W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18, 319–326.
- Lazar, B., & Gracan, R. (2011). Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 43–47
- Moore, M., Andrews, R., Austin, T., Bailey, J., Costidis, A., George, C., Jackson, K., Pitchford, T., Landry, S., Ligon, A., McLellan, W., Morin, D., Smith, J., Rotstein, D., Rowles, T., Slay, C., Walsh, M. (2013). Rope trauma, sedation, disentanglement, and monitoring-tag associated lesions in a terminally entangled North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*). *Marine Mammal Science*, 29, E98–E113

- Moser, M. L., & Lee, D. S. (1992). A fourteen-year survey of plastic ingestion by western North Atlantic seabirds. *Colonial Waterbirds*, 15(1), 83–94.
- Ogata, Y., Takada, H., Mizukawa, K., Hirai, H., Iwasa, S., Endo, S., Mato, Y., Saha, M., Okuda, K., Nakashima, A., Murakami, M., Zurcher, N., Booyatumanondo, R., Zakaria, M.P., Dung, L.Q., Gordon, M., Miguez, C., Suzuki, S., Moore, C., Karapanagioti, H., Weerts, S., McClurg, T., Burrell, E., Smith, W., Van Velkenburg, M., Lang, J.S., Lang, R.C., Laursen, D., Danner, B., Stewardson, N., Thompson, R.C. (2009). International Pellet Watch: global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 58 (10), 1437–1446.
- Page, B., McKenzie, J., McIntosh, R., Baylis, A., Morrissey, A., Calvert, N., Haase, T., Berris, M., Dowie, D., Shaughnessy, P.D., Goldsworthy, S.D. (2004). Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 33–42)
- Patel, M.M.; Goyal, B.R.; Bhadada, S.V.; Bhatt, J.S.; Amin, A.F. (2009). Getting into the Brain. Approaches to enhance Brain Drug Delivery. *CNS Drugs*; 23, 1, a *Health & Medical Collection* pp 35.
- Savoca, M.S.; Wohlfeil, M.E.; Ebeler, S.E.; Nevit, G.A. (2016). Marine plastic debris emits a keystone infochemical for olfactory foraging seabirds. *Science Advances*, 2.
- Schuyler, Q. A., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K. (2013). Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation Biology*, 28, 129–139
- Sheavly, S. B., & Register, K. M. (2007). Marine debris and plastics: Environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of Polymers and the Environment*, 15, 301–3059
- Triessing, P., Roetzer, A., & Stachowitsch, M. (2012). Beach condition and marine debris: New hurdles for sea turtle hatchling survival. *Chelonian Conservation and Biology*, 11, 68–77
- UNEP (2015). *Biodegradable plastics and marine litter Misconceptions, concerns and impacts on marine environments* [PDF]. Disponible a: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7468/-Biodegradable Plastics and Marine Litter Misconceptions, concerns and impacts on marine environments-2015BiodegradablePlasticsAndMarineLitter.pdf.pdf?sequence=3](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7468/-Biodegradable%20Plastics%20and%20Marine%20Litter%20Misconceptions,%20concerns%20and%20impacts%20on%20marine%20environments-2015BiodegradablePlasticsAndMarineLitter.pdf.pdf?sequence=3)
- University of Queensland (2015). *World's turtles face plastic deluge danger*. [PDF]. Disponible a: <https://phys.org/news/2015-09-world-turtles-plastic-deluge-danger.html>
- Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B.D., van Franeker, J. et al. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, 10 (12)
- Waluda, C. M., & Staniland, I. J. (2013). Entanglement of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 244–252.
- Watts, A., Lewis, C., Goodhead, R. M., Beckett, D. J., Moger, J., Tyler, C., Galloway T.S. (2014). Uptake and retention of microplastics by the shore crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science & Technology*, 48(15), 8823–8830

5.2 WEBGRAFIA CONSULTADA

BIOPEdia. Organismos modelos. Biodiversidad, biomas y más. [en línea] Disponible a: <https://www.biopedia.com/organismos-modelos/> [Data consulta: 13-03-17]

CSIC. Circulación Oceánica y Clima. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. [PDF]. Disponible a: https://imedea.uibcsic.es/master/cambioglobal/Modulo_I_cod101601/clases_Ballabrera_2010/Modulo-I.1.3.14.pdf [Data consulta: 21-11-17]

Ecologistasenacción. Basuras marinas, plásticos y microplásticos. [PDF]. Disponible a: <https://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-basuras-marinas.pdf> [Data consulta: 02-12-17]

EDU365. Cadenes i xarxes tròfiques. [en línea]. Disponible a: <http://www.edu365.com/eso/muds/ciencias/cadenes/index.htm#> [Data consulta: 14-03-18]

EduCaixa. Bioacumulació. CSIC. [en línea]. Disponible a: https://www.educaixa.com/microsites/el_mar_a_fondo/Impacte_huma_sobre_medi_ma_ri/bioacumulacion.html [Data consulta: 12-04-18]

Enciclopèdia Catalana. <https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0080864.xml> [Data consulta: 17-12-17]

Enciclopèdia Catalana. <https://www.enciclopedia.cat/EC-GEC-0196546.xml> [Data consulta: 17-12-17]

Estrategias marinas de España (2016). *Estudio sobre cuantificación de fuentes de microplásticos e identificación de posibles medidas para su reducción en la fuente*. [PDF]. Disponible a: https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/Proteccion-del-medio-marino/fuentsmicroplasticos_informecepyc_tcm30-169519.pdf [Data consulta: 09-05-18]

Figueras, A.. Algo sobre crustáceos. Ciencia marina y otros asuntos (fundación para el conocimiento, Madrid). 6 Febrer, 2011. [en línea]. Disponible a: www.madrimasd.org/blogs/ciencia_marina/2011/02/06/131849 [Data consulta: 24-05-18]

Generalitat Valenciana. Artemia salina; un crustáceo muy salado. Parc natural de la mata-torreveja. [en línea] Disponible a: www.parquesnaturales.gva.es/documents/80302856/161549312/artemia+salina+QR.pdf/c834ae27-e3ab-4c01-a13b-155bd4f40fb9 [Data consulta: 24-05-18]

GreenFacts. Bioacumulación. Facts on Health and the environment. 28 Agost, 2018. [en línea]. Disponible a: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/bioacumulacion-bioacumular.htm> [Data consulta: 12-03-18]

Greenpeace (2016). Plásticos en el pescado y el marisco. Departament científic de Greenpeace. Madrid. Disponible a: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Informes-2016/Agosto/Plasticos-en-el-pescado-y-el-marisco/> [Data consulta: 14-11-17]

Greenpeace. El Mediterráneo, un mar de problemas. [PDF]. Disponible a: <https://drive.google.com/drive/folders/1ICQYxcuACRqUIJvsSO6zPqQhHW2ajsOC> [Data consulta: 29-11-17]

Greenpeace. Mediterráneo: el 96% de las muestras de basura marina en la superficie son plásticos. Archivo Greenpeace. 8 Juny, 2017. [en línea]. Disponible a: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/news/2017/Junio/Mediterraneo-el-96-de->

[las-muestras-de-basura-marina-en-la-superficie-son-plasticos/](#) [Data consulta: 01-10-17]

La natura o2. Biomagnificació i Bioacomulació. [en línia]. Disponible a: <http://lanaturao2.blogspot.com/p/bioacum.html> [Data consulta: 12-03-18]

Los Borat. Bioacomulació. Disponible a: http://losborat.blogspot.com/p/blog-page_15.html [Data consulta: 13-03-18]

Observadores del Mar. <http://www.observadoresdelmar.es/index.php> [Data consulta: 20-11-17]

Obtenció de plàstics. <https://sites.google.com/site/industriaplastic1erbatx/home/2-obtencio-del-plastic> [Data consulta: 11-10-18]

Parevitoria.edu. Els plàstics. [PDF]. Disponible a: <http://parevitoria.edu.gva.es/deptecno/bax/tc303pla.pdf> [Data consulta: 11-10-18]

UICN. Mamíferos y tortugas marinos del Mediterráneo y del mar Negro. [PDF]. Juliol 2012. Málaga. María del mar Otero y Michela Conigliaro. Disponible a: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2012-022-Es.pdf> [Data consulta: 07-02-18]

UNEP (2007). Prioridades ambientales del Mediterráneo. Agencia Europea de Medio Ambiente. [PDF]. Disponible a: <https://drive.google.com/drive/folders/1ICQYxcuACRqUIJvsSO6zPqQhHW2ajsOC> [Data consulta: 12-02-18]

Vivir sin plástico. Plásticos Biodegradables. 20 Desembre, 2015. [en línia]. Disponible a: <https://vivirsinplastico.com/plasticos-biodegradables/> [Data consulta: 14-01-18]

Von Hernandez. #breakfreefromplastic. [en línia]. Disponible a: <https://www.breakfreefromplastic.org/steering-committee/> [Data consulta: 27-02-18]

XTEC (Generalitat de Catalunya). <http://www.xtec.cat/esc-cefax/Ciencies/ecosiste/ecosiste.htm> [Data consulta: 12-03-18]