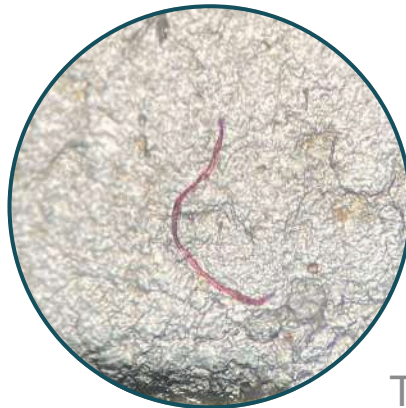




ELS MICROPLÀSTICS: LA PLAGA DEL SEGLE XXI



Data: 18/10/2024

Curs: 2024 / 2025

Departament de ciències

Tutor: Joaquim Cullell

Institut La Miquela

Autor: Biel Badia Carandell

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	3
1.1 TEMA DEL TREBALL.....	3
1.2 MOTIVACIÓ QUE HA DUT A ESCOLLIR-LO.....	3
1.3 OBJECTIUS.....	4
1.4 HIPÒTESIS.....	5
1.5 ESTRUCTURA.....	5
2. METODOLOGIA.....	6
3. PART TEÒRICA.....	7
3.1 ELS MARS I ELS OCEANS.....	7
3.1.1 COMPOSICIÓ PRINCIPAL.....	8
3.1.1.1 Contaminació química.....	9
3.1.1.2 Contaminació per plàstic.....	10
3.2 EL PLÀSTIC.....	11
3.2.1 HISTÒRIA DEL PLÀSTIC.....	12
3.2.2 PROCÉS D'OBTENCIÓ DEL PLÀSTIC.....	14
3.2.3 PROPIETATS FÍSQUES DEL PLÀSTIC.....	17
3.2.4 LA DESCOMPOSICIÓ DEL PLÀSTIC.....	18
3.3 CONTAMINANTS EMERGENTS.....	21
3.4 ELS MICROPLÀSTICS.....	22
3.4.1 MICROPLÀSTICS AL MAR.....	25
3.4.1.1 Distribució per corrents marins.....	26
3.4.2 MICROPLÀSTICS AL MAR MEDITERRANI.....	27
3.4.2.1 Microplàstics a la costa catalana.....	30
3.4.3 EFECTES DELS MICROPLÀSTICS EN LA SALUT HUMANA.....	32

3.4.4 EFECTES DELS MICROPLÀSTICS EN ESPÈCIES MARINES.....	34
3.4.4.1 Inhibició del creixement.....	35
3.5 ELS PEIXOS.....	37
3.5.1 TIPUS DE PEIX D'AIGUA SALADA.....	38
3.5.2 Sardina pilchardus.....	40
3.5.2.1 DISSECCIÓ DE Sardina pilchardus.....	41
3.5.2.2 JUSTIFICACIÓ DE L'ELECCIÓ DE Sardina pilchardus.....	42
3.6 OCEANS I MARS ESTUDIATS AL TREBALL.....	43
4. PART PRÀCTICA: ANÀLISI DE MICROPLÀSTICS A LA Sardina pilchardus.....	46
4.1 INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS.....	46
4.2 CONSIDERACIONS PRÈVIES.....	46
4.3 MATERIAL.....	47
4.4 PROCEDIMENT DE LA PRÀCTICA.....	52
4.4.1 PRIMERA PART DEL PROCEDIMENT.....	52
4.4.2 SEGONA PART DEL PROCEDIMENT.....	56
4.4.2.1 CONFIGURACIÓ DE LA BOMBA DE BUIT.....	56
4.4.2.2 INICI DEL PROCÉS DE FILTRACIÓ.....	58
4.4.2.3 A TENIR EN COMPTE.....	60
4.4.3 TERCERA FASE DEL PROCEDIMENT.....	61
4.4.3.1 OBSERVACIÓ AMB LUPA BINOCULAR.....	62
4.4.3.2 OBSERVACIÓ AMB EL MICROSCOPI ÒPTIC.....	63
4.4.3.3 A TENIR EN COMPTE.....	65
4.4.4 CONSIDERACIONS FINALS.....	65
4.4.5 RECOPIACIÓ DE DADES.....	66
4.4.5.1 CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES.....	66
4.4.5.2 MICROPLÀSTICS TROBATS.....	70

4.4.5.3 ANÀLISI PER IMATGES.....	74
4.5 RESULTATS FINALS.....	75
4.5.1 ANÀLISI GRÀFICA.....	75
5. CONCLUSIONS.....	82
6. EPÍLEG.....	88
7. FONTS D'INFORMACIÓ.....	89
7.1 BIBLIOGRAFIA.....	89
7.2 WEBGRAFIA.....	90
8. ANNEX (ANÀLISI PER IMATGES).....	95

1. INTRODUCCIÓ

1.1 TEMA DEL TREBALL

L'estudi que duré a terme en aquest treball es basa en l'anàlisi de microplàstics dins del tracte gastrointestinal d'organismes marins, concretament al de la *Sardina pilchardus*, provinents de diferents localitats del mar Mediterrani i l'oceà Atlàntic. Com a temàtica teòrica explicaré tots els aspectes necessaris per a realitzar la pràctica al laboratori relacionats amb el món dels microplàstics i la vida marina. Així doncs, es desenvoluparà una anàlisi exhaustiva de microplàstics en 36 mostres de *Sardina pilchardus*, avaluant-ne la quantitat, donant lloc a una comparativa entre les diferents costes del litoral català, Galícia i Portugal.

1.2 MOTIVACIÓ QUE HA DUT A ESCOLLIR-LO

La motivació que des d'un principi m'ha permès iniciar la investigació sobre aquest tema han estat les impactants imatges que s'han pogut observar durant els últims dies en tot tipus de mitjà de comunicació; des de tortugues atrapades en anelles de plàstic fins a foques enredades en xarxes de pesca impossibilitades de realitzar cap moviment.

Així doncs, necessitava comprovar si les dades oferides pels mitjans de comunicació sobre la ingent quantitat de residus plàstics presents al mar són realment preocupants per a les nostres vides. Dades com l'abocament de 10 milions de productes plàstics al mar anualment, són un dels aspectes preocupants que més em van sobtar.

Tot i això, volia aprofundir més en aquest aspecte, sense regir-me a l'anàlisi dels plàstics que s'observen a simple vista, sinó que volia fer front a la troballa de petites partícules d'aquest material als peixos. Per acabar de concretar l'estudi, vaig acabar decidint analitzar aquestes micropartícules a l'interior de les sardines europees.

D'aquesta manera, podria conscienciar de la urgència d'intervenció de les organitzacions governants d'aquest país per tal de prendre mesures dràstiques en la regulació i prohibició de l'abocament massiu de plàstics al mar, així com en la implementació de programes efectius de neteja, per garantir el benestar per a tota mena d'éssers vius.

1.3 OBJECTIUS

La finalitat d'aquest treball contempla els següents objectius:

- Profunditzar en el coneixement dels microplàstics i els seus efectes en la vida marina així com en la salut humana.
- Incrementar els meus coneixements en vers els peixos.
- Comprovar la presència de microplàstics als mars i en el tracte gastrointestinal de la *Sardina pilchardus*.
- Comparar la quantitat de microplàstics entre diferents zones geogràfiques de Catalunya i establir diferències entre els mars i oceans d'Espanya i Portugal.
- Avaluar la relació entre la mida i forma dels microplàstics amb les propietats morfològiques i fisiològiques de la *Sardina pilchardus*.
- Validar la preocupació expressada pels mitjans de comunicació.

1.4 HIPÒTESIS

D'altra banda, s'han formulat unes hipòtesis a partir dels objectius establerts i un cop acabada la recerca teòrica de l'estudi. Aquestes especulacions es podran comprovar un cop es dugui a terme la pràctica al laboratori i són les següents:

- **Una minoria de les mostres de *Sardina pilchardus* contindran microplàstics al seu tracte gastrointestinal.**
- **La concentració de microplàstics serà més elevada en les sardines provinents del mar Mediterrani en comparació amb les sardines de l'oceà Atlàntic.**
- **Les sardines de zones costaneres de Catalunya amb més activitat industrial o turística tindran més microplàstics.**
- **Existeix una relació directa entre la mida de la *Sardina pilchardus* i la quantitat de microplàstics al seu tracte gastrointestinal.**

1.5 ESTRUCTURA

El treball consta de dues parts:

A la part teòrica, s'ha recercat tota la informació relacionada amb el tema principal del projecte, els microplàstics i els organismes marins. D'aquesta manera, s'ha especificat amb detall l'evolució d'aquest material, l'impacte mediambiental que ocasiona, les propietats físiques i químiques que presenta... En termes de la vida marina, s'han exposat els tipus de peix d'aigua salada, en concret amb la *Sardina pilchardus*, a causa del protagonisme que pren en aquest estudi.

A la part pràctica, es reflecteix l'estudi detallat dut a terme al laboratori sobre la presència de microplàstics en el tracte gastrointestinal de la *Sardina pilchardus*. Aquest apartat consta d'una explicació en base amb el procediment realitzat i és aquí on es mostren els resultats obtinguts i les conclusions finals de l'estudi.

2. METODOLOGIA

Per tal de complir amb els objectius teòrics esmentats prèviament m'he basat en la informació extreta d'internet. Bona part de la informació s'ha extret d'articles científics, els quals són públics en pàgines com *Frontiers*, *IOP publishing*, *ScienceDirect*, *Elsevier*, la majoria cercades al portal de *Google Scholar* i *Dialnet*.

D'altra banda, les hipòtesis es podran contrastar amb el camp pràctic, el qual s'ha executat al laboratori del centre on estudio. Tot i això, l'estudi va constar d'una primera recollida de mostres de *Sardina pilchardus* en diverses peixateries repartides en tot el litoral català, les quals em van assegurar, amb evidències escrites, la procedència d'aquestes sardines.

A més, la finalització del projecte ha estat possible gràcies a l'ús de diversos dispositius, aplicacions i webs. El treball escrit s'ha efectuat amb el Google Documents, des d'un ordinador portàtil. Les imatges del laboratori s'han pres amb un dispositiu mòbil, i han estat decorades amb el Canva.

Finalment, vull fer esment de les indicacions que em va oferir la Xènia Frigola Tepe del departament de biologia de la *Universitat de Girona* les quals em van permetre iniciar el treball amb seguretat.

3. PART TEÒRICA

3.1 ELS MARS I ELS OCEANS

Un oceà és una enorme massa d'aigua salada la qual separa dos o més continents i que cobreix prop del 71% de la superfície de la Terra, el que equival a una àrea de 361 milions de quilòmetres quadrats. La profunditat de cada oceà depèn de les zones de relleu oceànic, però en general comprenen una fondària d'uns 4000 metres, tot i que poden arribar als 11.000 metres de profunditat com a la Fossa de les Marianes. És així com els oceans esdevenen el principal component de la hidrosfera.

A la Terra, es coneixen tres principals oceans, els quals reben el nom d'Oceà pacífic, Oceà Atlàntic i Oceà Índic, seguits d'extensions d'aigua més petites com ho serien l'Oceà Àrtic i l'Oceà Antàrtic (Fig. 1). Aquestes masses d'aigua es van formar fa més de 4.000 milions d'anys, quan la temperatura del planeta va ser prou freda per mantenir l'aigua en estat líquid.

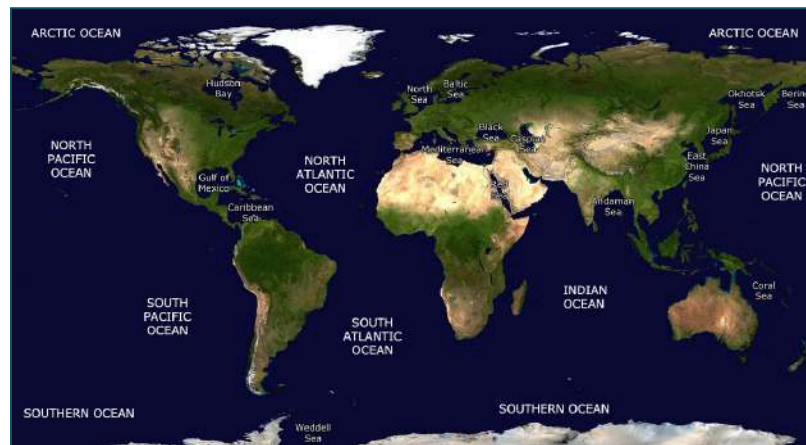


Fig. 1. Mapa mundi dels mars i oceans que hi ha a la Terra. Font: [Sea Temperature](#)

Per altra banda, els mars difereixen dels oceans pel fet que són generalment masses d'aigua salada més petites que es troben en el punt on l'oceà es troba amb la terra.

Existeixen tres tipus de mars: els mars litorals o costaners, els quals són golfs molt amplis de la costa oceànica, que no tenen cap mena de separació submarina respecte de l'oceà obert, però tenen marees més àmplies, menor profunditat i temperatures més altes; els mars continentals, ubicats dins d'un continent específic, però sostenint una comunicació amb l'oceà al qual pertanyen mitjançant un canal d'algun tipus, generalment de poca profunditat, i els mars tancats, els quals són grans llacs d'aigua més o menys salada, localitzats dins d'una plataforma continental i amb poc o cap intercanvi d'aigües directe amb els oceans. Alguns dels mars del món ho serien el mar Negre, el mar Caspi, el mar Roig i el mar Mediterrani.

3.1.1 COMPOSICIÓ PRINCIPAL

L'aigua del mar està formada per una complexa solució química de molts minerals derivats de l'escorça terrestre i de sals orgàniques que provenen de restes de plantes i animals. Els principals components sòlids dissolts a l'aigua del mar són el clor (55,1%) i el sodi (30,6%). En una presència menor hi ha sulfat (7,6%), magnesi (3,7%), calci (1,2%) i potassi (1,1%).

Aquesta aigua és salada i aquesta salinitat indica la concentració de sòlids dissolts. La concentració varia depenent de l'espai i del temps a causa de les diferències existents entre evaporació i precipitació, així com per l'aportació d'aigua dolça provinent dels continents i els casquets polars.

Tot i que la composició tradicional dels mars i oceans de tot el món estigui dominada per elements naturals com el clor, el sodi, el sulfat i altres minerals, no significa que, actualment, siguin els únics components d'aquestes masses d'aigua. La raó és que durant els últims anys s'ha observat l'aparició de noves substàncies les quals són fruit de la contaminació humana.

Els principals factors que afecten els mars i oceans, alteren l'ecosistema i posen en perill la biodiversitat marina, són diversos. Entre els quals predominen la contaminació química, lumínica, acústica i la contaminació d'origen plàstic. Cadascuna d'aquestes fonts contaminants contribueixen a la modificació de l'equilibri dels ecosistemes marins i, en conseqüència, afecten la salut humana, tret que aquestes espècies formen part de la nostra dieta.

3.1.1.1 Contaminació química

La contaminació química es basa en l'abocament de substàncies tòxiques al medi marí. Sigui de manera intencionada o accidental aquestes substàncies poden romandre al medi durant un llarg període de temps, depenent de la seva naturalesa química, la seva capacitat de degradació i les condicions ambientals.

Aquests productes químics fan referència a fertilitzants, com el nitrat d'amoni i el fosfat, els quals poden causar eutrofització; substàncies com el petroli i derivats (Fig. 2), com el benzè, xilè i estirè, que són altament tòxiques i persistents al medi; àcids corrosius, com l'àcid sulfúric i l'àcid fosfòric; metalls pesants com el mercuri, el plom i el cadmi; gasos com l'amoníac i el clor; detergents i aigües residuals.



Fig. 2. Vessament de petroli. Font: [NOAA Ocean Service](https://www.noaa.gov/ocean-service).

3.1.1.2 Contaminació per plàstic

La contaminació per plàstic es basa en l'acumulació de residus plàstics, majoritàriament productes d'un sol ús, als mars i oceans. Totes aquestes deixalles provenen d'envasos, bosses, ampolles i altres objectes d'ús diari que tarden molt a descompondre's.

Aquest tipus de contaminació és molt perjudicial per al medi marí perquè els plàstics poden fragmentar-se en partícules més petites, és a dir, microplàstics, i ser ingerits pels peixos, crustacis i altres espècies, formant part de la xarxa tròfica. Això podria alterar la vida marina, causant la mort de molts organismes marins i l'alteració dels ecosistemes on viuen.

Investigadors de la Universitat de Cadis van trobar que només 10 productes plàstics representen el 75% de tots els elements contaminants de l'oceà (Fig. 3). Segons els investigadors que hi ha darrere de l'estudi, els principals contaminants oceànics són les bosses de plàstic, les ampolles de plàstic, els envasos d'aliments i els coberts, els embolcalls, la corda sintètica i els articles de pesca.

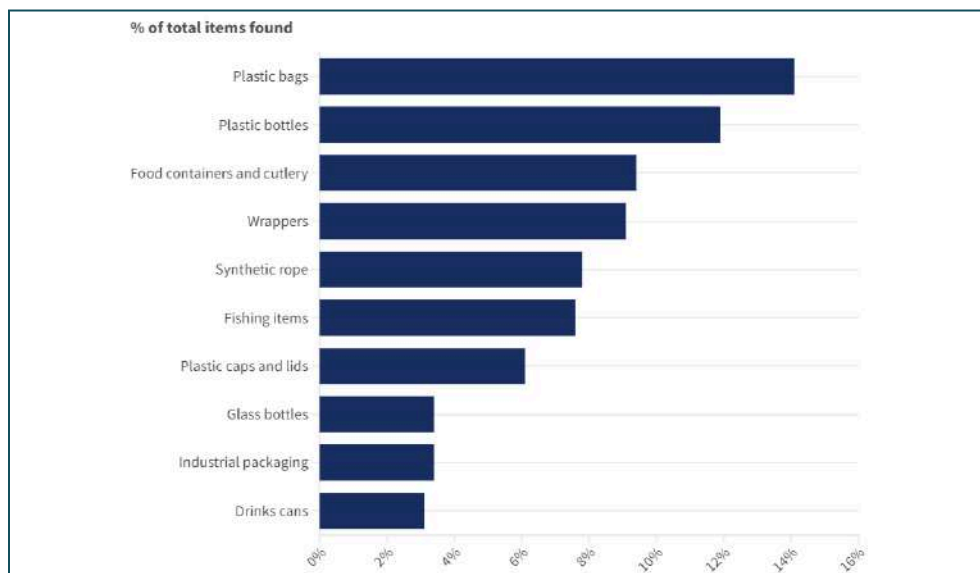


Fig. 3. Contaminants plàstics més comunament trobats a l'oceà. Font: [Cleanhub Blog](#).

El Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (*PNUMA*) adverteix que cada any arriben als mars, oceans, llacs i rius un total de 19 a 23 milions de tones de residus plàstics. Tot i ser preocupant, aquesta quantitat ingent de plàstics és una xifra que no tindrà res a veure amb la quantitat de plàstics que hi haurà present a tota la superfície aquàtica del planeta d'aquí a uns anys. Els experts del sector preveuen que l'any 2050 la producció de plàstic haurà incrementat tres vegades més que avui dia. En termes de volum, el *WEF* veu que l'any 2050 hi haurà més plàstic que peixos als oceans.



Fig. 4. Illa de plàstic de l'Oceà Pacífic. Font: [Surfrider Foundation](#)

3.2 EL PLÀSTIC

El plàstic és un compost orgànic format per polímers d'alt pes molecular. Aquestes grans molècules orgàniques presenten una estructura interna diversificada en unitats o cadenes repetides de carboni anomenades monòmers, com l'etilè, propilè, clorur de vinil i l'estirè.

Els diversos elements que componen la matèria plàstica, a més del carboni, són l'hidrogen, l'oxigen, el nitrogen, el clor i el sofre. Els plàstics estan compostos de resina polimèrica, sovint barrejada amb additius, que són substàncies que afegim als plàstics per tal de millorar-ne la qualitat, allargar-ne la durada, augmentar-ne la protecció i reduir el nombre d'accidents que puguin produir.

Alguns dels additius més comuns són els antioxidants que allarguen la vida del producte plàstic, retardant-ne la descomposició causada per l'oxidació i els plastificants, que s'utilitzen per donar-li un caràcter més suau. També, hi trobem presents els lubricants per millorar la seva reologia i, per tant, ajustar la viscositat, l'elasticitat i la fluïdesa del material per facilitar processos com l'emmotllament, l'extrusió o la injecció.



Fig. 5. Diferents usos del plàstic. Font: [ThoughtCo](#)

D'altres s'utilitzen per raons d'estabilitat elèctrica o per donar una certa capacitat als polímers com, per exemple, agents fotovoltàics per a fotolitografia.

3.2.1 HISTÒRIA DEL PLÀSTIC

El nom d'aquest material prové del grec '*plastikos*' i significa que es pot modelar. Notòriament, el plàstic presenta una gran flexibilitat que li permet adaptar-se a diferents aplicacions i formes. Aquesta capacitat és la raó per la qual s'ha convertit en un material ideal per a una gran quantitat d'usos, esdevenint indispensable en múltiples sectors.

Els orígens del plàstic es remunten als Estats Units, concretament, l'any 1860. Durant aquest període de temps va sorgir una crisi de desabastiment a les reserves de vori, un material molt utilitzat en aquell temps per a manufacturar objectes de luxe, jocs o escultures artístiques. Davant d'aquesta situació, l'empresa *Phelan & Collander* va llançar un concurs amb un premi de 10.000 dòlars per a qui fos capaç de crear un material similar per fabricar boles de billar.

John Wesley Hyatt va ser el guanyador amb la seva creació "cel·luloide". Un material obtingut de la dissolució de cel·lulosa en càmfora i etanol, que ha estat classificat com el primer pas en el desenvolupament i evolució del plàstic.

Aquesta troballa va ser revolucionària, ja que amb aquest primer plàstic es podien substituir materials obtinguts de la caça d'espècies animals, com la closca de tortuga o els ullals d'elefants.

Més tard, l'any 1907, el químic nord-americà *Leo Baekeland*, va inventar la baquelita, la primera substància plàstica sintètica que es podia modelar amb calor i, un cop freda, es convertia en un material termoestable, resistent i aïllant.

Aquest primer material plàstic totalment sintètic va marcar l'inici de l'anomenada “era del plàstic”, ja que la producció en massa d'aquest plàstic era totalment factible i els usos n'eren pràcticament il·limitats. Es coneixia la baquelita com el “material de milers d'usos”, perquè se la podia modelar de qualsevol manera.

El plàstic es va popularitzar durant els anys 1920 i 1930 amb l'aparició dels alquídics, les resines aminoplàstiques, els polímers orgànics de silici i les resines de polièster insaturat, entre altres compostos derivats de la indústria petroquímica.

Però no és fins a l'any 1937 que apareix el poliuretà, actualment amb un gran ventall d'aplicacions comercials com d'aïllants tèrmics, component de matalassos, d'automòbils, de soles de sabata i de roba esportiva.

L'arribada de la Segona Guerra Mundial genera una immensa demanda d'aquest material sintètic reemplaçant les teles tradicionals per materials com el niló per a l'elaboració de paracaigudes, cordes i cascos. És així, com, durant aquest tràgic esdeveniment històric, la producció de plàstics als Estats Units va augmentar un 300%.

Tot i ser una preocupació actual, des dels inicis de la seva producció, la fabricació del plàstic ha comportat un ascens notable en la contaminació de gasos a l'atmosfera, malmetent el medi ambient.

3.2.2 PROCÉS D'OBTENCIÓ DEL PLÀSTIC

La fabricació del plàstic és un procés de conversió de matèries primeres en productes plàstics útils. Consta de diverses etapes, cadascuna amb els seus procediments i tècniques específiques:

1. Extracció de matèries primeres: Aquest és el primer procés per fer plàstic i és fonamental perquè el resultat sigui l'esperat. L'objectiu és aconseguir tota la matèria primera essencial com el carbó, el gas natural i el petroli cru. Aquests elements serviran com a base per a fabricar les plaques de poliestirè, indispensables en l'elaboració de plàstic.



Fig. 6. Plataforma petroliera.
Font: [Xataca](#)

2. El procés de refinació i de neteja: És el segon dels processos i es basa en la transformació del petroli cru en diferents productes derivats del petroli, obtenint els monòmers. Per aconseguir-ho, el petroli cru s'escalfa en un forn, després s'envia a la unitat de destil·lació, on el petroli cru pesat se separa en components més lleugers anomenats fraccions. Una d'elles, anomenada nafta, és el compost crucial per fer una gran quantitat de plàstic.

3. La polimerització: Sol ser la part més complicada del procés per fer plàstic. En aquesta fase, les olefines (monòmers) com l'etilè, el propilè i el butilè, de baix pes molecular, es converteixen en hidrocarburs de pes molecular més elevat (polímers). Aquest fenomen té lloc quan els monòmers s'uneixen químicament en cadenes (Fig. 7).

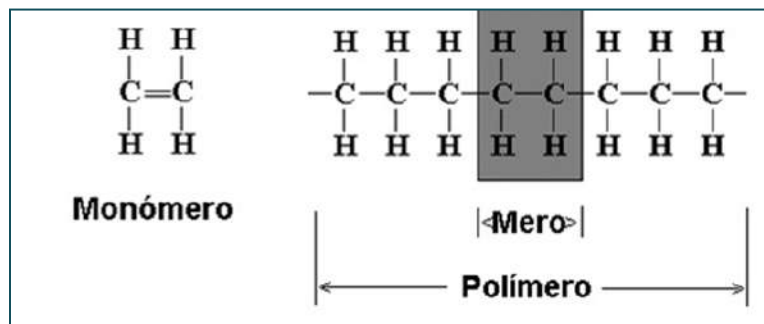


Fig. 7. Estructura química de l'etilè (a l'esquerra) i el polietilè (a la dreta) Font: [Tecnología de los Plásticos](#).

Hi ha dos mecanismes diferents per a la polimerització:

- **Polimerització per addició:** En aquest procés, els monòmers es combinen per formar polímers sense generar subproductes o la pèrdua d'àtoms. Dit d'altra manera, la composició química de la cadena resultant serà igual a la suma de les composicions químiques dels monòmers que la conformin. Es duu a terme mitjançant la iniciació i propagació de reaccions químiques. Per iniciar la reacció, es fan servir iniciadors, que poden ser substàncies químiques o calor. Aquests iniciadors trenquen certs enllaços als monòmers, creant radicals lliures altament reactius. Ajustant la temperatura, la pressió i el temps, es controla la longitud i l'estructura de les cadenes polimèriques.

Un exemple per il·lustrar aquest punt podria ser la síntesi del polietilè (Fig. 8). Quan es polimeritza l'etilè per obtenir polietilè (PE), cada àtom de la molècula d'etilè es transforma en part del polímer:

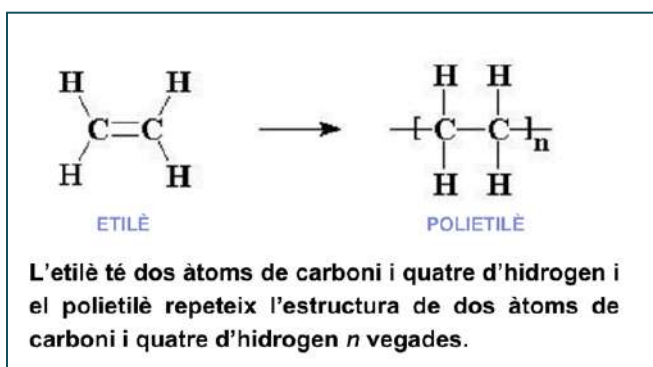


Fig. 8. Polimerització per addició del polietilè. Font: [Tecnología de los Plásticos](#).

- **Polimerització per condensació:** en aquest tipus de polimerització, dos monòmers diferents reaccionen entre si, alliberant un subproducte, com aigua o alcohol. Durant la polimerització per condensació, els monòmers es combinen a través d'enllaços químics, coneguts com a enllaços de condensació, per formar cadenes de polímer més llargues (Fig. 9).

Un exemple per il·lustrar aquest punt podria ser l'obtenció del niló 6,6 (poliamida) a partir de clorur d'adipoil i hexametilendiamina. Cada àtom de clor del clorur d'adipoil juntament amb un dels àtoms d'hidrogen de l'amina, són expulsats com a HCl gasós (clorur d'hidrogen).

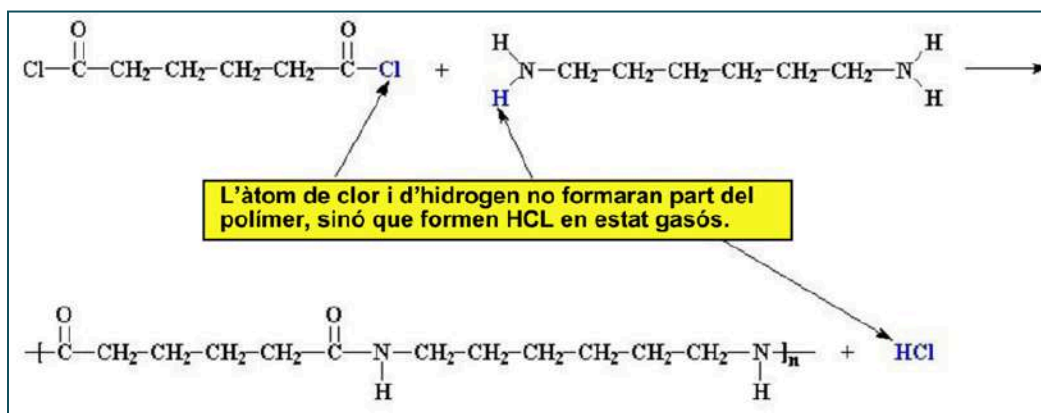


Fig. 9. Polimerització per condensació del niló 6.6 Font: [Tecnología de los Plásticos](#)

Com que ara hi ha menys massa al polímer que als monòmers originals, diem que el polímer està condensat respecte als monòmers. El subproducte, sigui HCl gasós, aigua o qualsevol altre, s'anomena condensat.

4. Estat de composició i l'inici del processament: En la preparació de compostos, es fonen els materials i es barregen per elaborar fórmules per a plàstics. Generalment, s'utilitza una extrusora d'algun tipus per a aquest fi, a la qual segueix la granulació de la barreja. A continuació, l'extrusió o un procés d'emmotllament diferent transforma aquests grànuls en un producte acabat o quasi acabat. La preparació de compostos sol

realitzar-se en una extrusora de doble cargol, tot i que també es poden aconseguir mitjançant un sistema d'injecció de plàstics o un sistema de bufat per extrusió de plàstics. Els grànuls de plàstic abocats es processen per obtenir objectes plàstics de disseny exclusiu, de diverses mides, formes i colors amb propietats precises segons les condicions predeterminades establertes a la màquina de processament.

3.2.3 PROPIETATS FÍSQUES DEL PLÀSTIC

El plàstic és mundialment utilitzat per les seves propietats i característiques que li permeten destacar davant de la resta de materials.

Algunes de les propietats que posseeix el plàstic són les següents: la plasticitat i la flexibilitat, les quals permeten al plàstic deformar-se sense trencar-se; la tenacitat, ja que aquest material és capaç d'absorbir l'energia de deformació en grans quantitats, abans de patir trencaments; és de baixa densitat, per tant, flota a l'aigua i, juntament amb la seva capacitat d'impermeabilitat, impedeix el pas de l'aigua a l'interior.

A més, presenta resistència a la corrosió, això és la força que oposa un material a ser oxidat o reduït per qualsevol agent químic. A més, el plàstic és un bon aïllant tèrmic, un tret que li permet oposar-se al pas de la calor per conducció, i un gran aïllant elèctric. Alguns d'ells, presenten transparència, és a dir, permeten el pas de la llum, com el polimetilmetacrilat (PMMA), i es fan servir en la fabricació de finestres i lents.

Una altra propietat del material plàstic és la seva baixa conductivitat acústica, una qualitat que no li permet transmetre el so de manera tan eficient com el metall, però que el converteix en un material excel·lent per a la insonorització o la reducció de soroll. I, a diferència de la fusta, el plàstic és molt més lleuger.

Tota aquesta llista de propietats, permeten que el plàstic es converteixi en el material per excel·lència en un gran ventall d'aplicacions en objectes d'ús quotidià.

3.2.4 LA DESCOMPOSICIÓ DEL PLÀSTIC

El temps de descomposició d'un material plàstic contempla un interval de temps d'entre cent i mil anys. “Com a comparació, si a les croades s'hagués utilitzat plàstic, les restes encara estarien allà perquè els arqueòlegs les examinessin” diu un article de *Weizmann Institute of Science*.

Això és degut a la seva estructura química i la seva estabilitat molecular. Els monòmers de les cadenes que conformen el polímer s'uneixen formant enllaços covalents, uns enllaços molt resistents impossibles de trencar per microorganismes ni processos naturals de descomposició. I encara que s'aconseguís, el període necessari per descompondre objectes fabricats amb plàstic seria molt prolongat (Fig. 10).



Fig. 10. Comparativa del temps de degradació d'objectes de plàstic amb esdeveniments històrics rellevants. Font: [Agència Catalana de l'Aigua](#).

La descomposició de les molècules del polímer amb el consegüent canvi en les propietats del material es du a terme per diversos agents presents al medi, els quals

actuen amb un gran potencial, però també se segueixen procediments químics de descomposició intencionada.

1- Reaccions de fotodegradació induïdes per la radiació solar ultraviolada.

La radiació ultraviolada (UV) té un paper clau en la degradació del plàstic. El motiu principal es deu al fet que provoca una degradació per fotooxidació que causa la ruptura de les cadenes del polímer, produeix radicals lliures i redueix el pes molecular, provocant un deteriorament de les propietats mecàniques i donant lloc a materials inútils, després d'un temps imprevisible.

A causa de la ràpida absorció de la llum ultraviolada per l'aigua, els plàstics solen tardar molt més a degradar-se al mar que a la terra. Tanmateix, la velocitat de degradació depèn de l'ambient i de la temperatura, així com el tipus de polímer, additius i farcits dels quals disposi la partícula.

2- Reaccions tèrmiques, inclosa la termooxidació.

La termooxidació es basa en la degradació de materials sota la influència simultània d'altres temperatures i la presència d'oxigen. Durant aquest procés, l'oxigen reacciona amb el material, provocant canvis en les seves propietats químiques, físiques i mecàniques en la seva estructura interna. Aquest mètode té un perfil molt prometedori per reduir el volum de residus plàstics al medi i recuperar polímers com a combustibles o matèries primeres químiques.

Per donar suport a la idea, un estudi de la *Universitat de Tohoku* (2022) revela el comportament del plàstic a base de sofre sotmès a un exhaustiu procediment termo-oxidatiu. L'estudi es va fer per avaluar com l'exposició a altes temperatures en presència d'oxigen afecta les propietats físiques i químiques de certs materials plàstics. Es va observar que els plàstics com el PPS, el PES i el PSU pateixen una

descomposició significativa a temperatures entre 450 °C i 650 °C sota atmosfera de nitrogen (N_2). En aire, es va observar una pèrdua de pes en dues etapes entre 450 °C i 690 °C. Tot i això, aquest procediment no fa desaparèixer el plàstic per complet i s'alliberen molts gasos a l'atmosfera com H_2O , CO_2 i SO_2 , notablement contaminants pel medi ambient. És per aquest motiu que aquest és un mètode poc efectiu.

3- Biodegradació microbiana.

En aquest procés, microorganismes descomponen els plàstics en compostos més simples i menys perjudicials per al medi ambient. Aquest procés es basa en la capacitat d'alguns bacteris com el *Bacillus cereus*, el *Pseudomonas* i el *Rhodococcus*, i fongs com el *Fusarium*, l'*Aspergillus* i el *Penicillium* per utilitzar els plàstics com a font de carboni i energia, descomponent el polímer en cadenes més curtes o molècules més petites (Fig. 11).

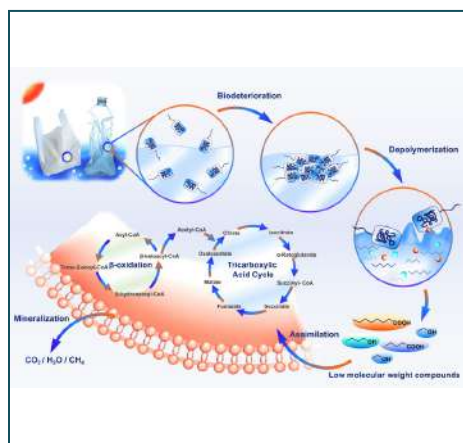


Fig. 11. Biodegradació microbiana del plàstic a l'aigua. Font: [ScienceDirect](#).

Una vegada aquests microorganismes s'adhereixen al plàstic, el reconeixen com una font de nutrients i comencen a secretar enzims per a la seva corresponent descomposició. Aquests enzims trenquen les llargues cadenes de polímers del plàstic en fragments més petits, donant lloc a microplàstics. En la següent fase, aquests fragments es descomponen en monòmers i oligòmers, els quals els microorganismes reconeixen com a font d'energia. Finalment, per fruit de la descomposició, s'obtenen compostos simples com el diòxid de carboni (CO_2) i l'aigua (H_2O). Amb aquests productes, els microorganismes aconseguirien créixer i reproduir-se.

Dels mètodes esmentats, només el primer és especialment eficaç en entorns oceànics i només amb plàstics que floten a la superfície del mar o que es troben tirats a les

platges. Pel que fa a la resta de processos, s'accepta la incertesa de l'eficàcia dels quals en entorns marítims. Això és degut a les extremes condicions ambientals a les quals es troben diverses àrees dels mars i oceans i la poca abundància de microorganismes que degradin el plàstic. A més, s'assumeix que la falta d'exposició del plàstic a la radiació UV provoca un deteriorament en la descomposició de plàstic i, per tant, si aquest material arribés a les profunditats marines, podria arribar a no desaparèixer mai del tot.

3.3 CONTAMINANTS EMERGENTS

Segons el *Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*, els contaminants emergents, també anomenats contaminants de preocupació emergent, són substàncies químiques o materials que s'han detectat darrerament a les aigües i la presència de les quals pot suposar un risc per al medi ambient i la salut humana.

Els emergents són compostos que, gràcies a l'avenç que ha experimentat la química analítica en aquests darrers anys, poden ser quantificats a les aigües fins a nivells de concentració molt baixos. Tot i els nivells baixos d'aquestes substàncies, els seus efectes podrien ser biològicament rellevants i produir diferents efectes negatius sobre els ecosistemes.

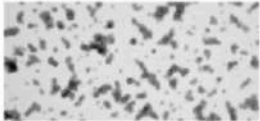
En conseqüència, no es tracta de noves substàncies, sinó de compostos que fins a l'actualitat no s'havien pogut determinar, encara que es fessin servir en tota mena d'aplicacions.

El nombre de substàncies que es poden considerar emergents és indeterminat i inclou plaguicides, antiparàsits i altres biocides; additius de materials emprats com antioxidants, retardants de flama, protectors anticorrosius; productes de la llar com a detergents, cosmètics, fragàncies, cremes; drogues i plastificants.

3.4 ELS MICROPLÀSTICS

Els microplàstics formen part dels contaminants emergents i són partícules microscòpiques de plàstic amb un tamany inferior a 5000 μm fins a 0,1 μm de diàmetre, segons considera l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA). D'aquesta manera, les partícules que no compleixen aquesta mesura no són considerades microplàstics i reben un nom de classificació diferent (Taula 1).

Taula 1: Tipus de plàstics segons la seva mida. També s'hi inclou una imatge representativa. Font: pròpia.

Tipus de partícula	Mida	Imatge
Nanoplàstics	0,1 μm - 0,001 μm	
Microplàstics	5000 μm – 0,1 μm (diàmetre)	
Mesoplàstics	5 - 25 mm	
Macroplàstics	25 - 100 mm	
Megaplàstics	> 100 mm	

La majoria dels microplàstics presents al medi no s'han fabricat per tal de complir una funció per si mateix, sinó que deriven d'altres substàncies o productes que sí que compleixen aquesta finalitat. És per aquest motiu que, depenent del seu origen, es poden classificar en microplàstics primaris i microplàstics secundaris.

En primer lloc, els microplàstics primaris engloben els materials fabricats intencionadament en forma de micropartícules o nanopartícules de plàstic. Aquestes partícules no són el resultat de la descomposició d'articles de plàstic més grans, sinó que estan dissenyades per ser petites des d'un inici. S'empren per a l'ús indirecte com a precursors (grànuls de resina verge) per a la producció de productes de consum de polímers, o per a l'ús directe, com en cosmètics.

- Dins d'aquest primer grup s'identifiquen les microesferes de plàstic, unes petites estructures esfèriques amb un diàmetre normalment inferior a 1 mm que s'utilitzen sovint en productes de cura personal, com ara exfoliants, pasta de dents i cosmètics.
- Per altra banda, trobem les microfibras, amb un diàmetre normalment inferior a 10 micròmetres (10 μm). En comparació, el cabell humà té normalment uns 75 micròmetres de diàmetre. Les microfibras tenen un caràcter suau excepcional, fet que les fa destacar en la producció de la roba i productes de neteja.
- Els pèl·lets també són microplàstics primaris i són la base principal per a la producció de plàstics i es processen en petites partícules d'entre 1 i 5 mm.

En segon lloc, els microplàstics secundaris comprenen els microplàstics per fragmentació de productes plàstics de mida més gran emesos al medi. La fragmentació és causada per una combinació de forces mecàniques, per exemple, ones o processos fotoquímics desencadenats per la llum solar. Alguns plàstics “degradables” estan dissenyats per fragmentar-se ràpidament en partícules petites, però el material

resultant no necessàriament es biodegrada. Dins d'aquesta segona classificació s'hi troben els plàstics fragmentats d'ampolles, envasos i materials d'embalatge.

Per últim, es pot reconèixer un tercer tipus de microplàstic que apareix durant l'ús de productes que contenen fibres o partícules que s'alliberen al medi així com les microfibras que es desprenen de la roba i altres tèxtils, com les xarxes de pesca. Aquest tercer grup podria pertànyer tant a la matèria de font primària com a la matèria de font secundària.

Els microplàstics poden adoptar nombroses formes i colors, depenent de la seva font. Alguns tenen forma regular com els pèl·lets (Fig. 12), les esferes o els grànuls i d'altres tenen formes asimètriques com les fibres (Fig. 13). Les següents fotografies fetes al microscopi mostren les diferents formes, colors i tipologies de microplàstics presents al medi. Font: [ResearchGate](#) i [SpringerLink](#).



Fig 12. Pèl·lets

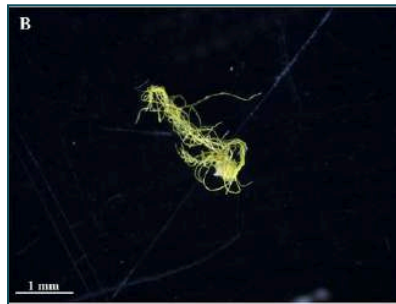


Fig 13. Fibres



Fig 14. Fragments

Fig. 15. Pel·lícula o film



Fig. 16. Escuma



3.4.1 MICROPLÀSTICS AL MAR

Així com part dels residus emesos per la humanitat, el plàstic també acaba tenint com a destí final els mars i els oceans. Tot i que un ínfim percentatge d'aquest rebuig plàstic pot acabar en un abocador, ser incinerat o reciclat, la resta acaben a les vies fluvials i als oceans a través dels sistemes dissenyats per abocar aquesta brossa lluny de la vida humana. Aquesta matèria viatja pel drenatge d'aigües de zones urbanes, flueix per les canalitzacions i arriben als rius, els quals desemboquen a les costes de tot el món, o directament als mars. D'altra banda, també es cometen irresponsabilitats com abocaments accidentats de partícules de plàstic per part dels vaixells o mitjançant els efluents de les estacions depuradores i plantes de tractament d'aigües residuals (Fig. 17).

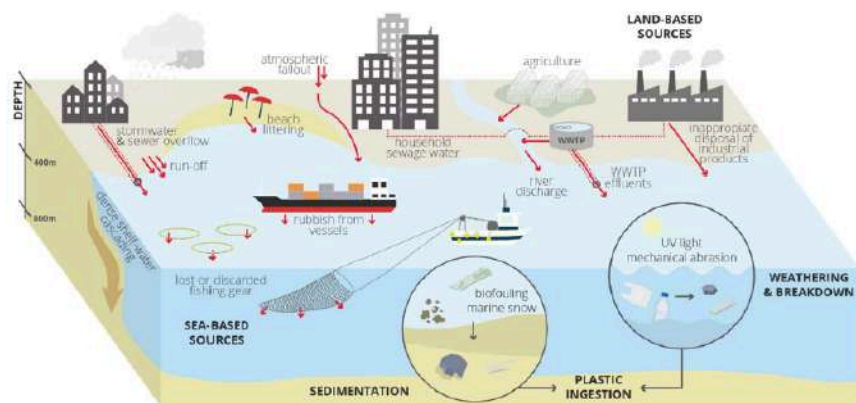


Fig. 17. Principals fonts i vies de deixalles de plàstic i microplàstics cap al medi ambient. Font: Imatge original de l'Ester Carreras-Colom, 2021.

El United Nations Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (*GESAMP*) estima que les fonts terrestres són responsables de fins al 80% de les deixalles presents al mar i la resta es deu a activitats marines. Els principals causants terrestres d'aquestes deixalles són els desbordaments de clavegueres durant pluges intenses, residus generats per l'humà a les platges, això inclou envasos d'aliments, burilles de cigarretes i joguines de plàstic..., l'abocament il·legal de residus domèstics, però, per sobre de tot, l'activitat industrial.

Les fonts oceàniques de deixalles de plàstic inclouen creuers, transport marítim, activitats comercials i pesqueres, flotes militars, embarcacions d'esbarjo i altres activitats en alta mar com estacions de petroli i benzina, llocs d'aqüicultura i activitats de perforació.

3.4.1.1 Distribució per corrents marins

Una vegada al mar, els microplàstics són transportats al voltant del món pels corrents marins (Fig. 18), on persisteixen i s'acumulen en les regions oceàniques centrals. Els girs oceànics i les zones convergents són àrees notables d'acumulació de deixalles, ja que el patró de rotació dels corrents provoca que grans concentracions de plàstics siguin capturades i desplaçades cap al centre de la regió. Factors com la densitat o la mida de les partícules de plàstic representen un paper important en aquesta distribució per la superfície marina.



Fig. 18. Corrents marins. En vermell, els corrents marins càlids i en blau, els corrents marins freds. Font: [XTEC Blocs](#).

Per donar una idea, l'any 2020, al Mar Tirrè es van trobar concentracions extremadament altes de microplàstics en certs punts del fons marí, amb un màxim enregistrat de 191 exemplars de microplàstics per 50 grams de sediment, el que equivaldria a 1,9 milions de micropartícules per metre quadrat. Aquesta matèria se sol acumular a les profunditats marines (Fig. 19), entre 600 m i 900 m degut a la gran interacció dels corrents amb el fons marí.

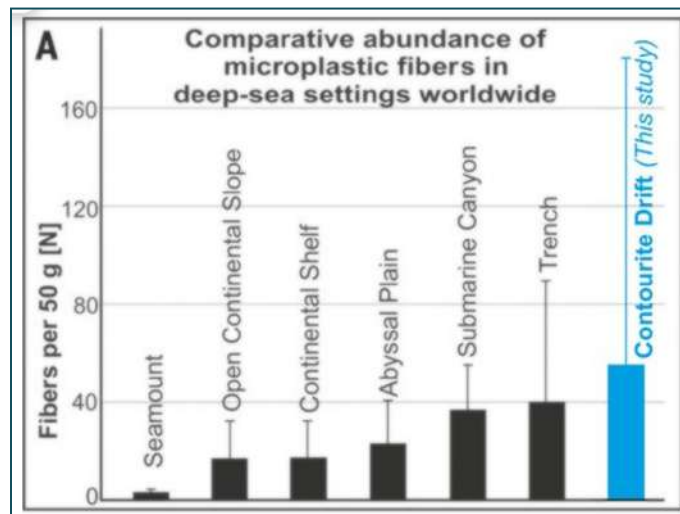


Fig. 19. Comparació de l'abundància de fibres de microplàstic en diferents entorns d'aigües profundes a tot el món, que demostra les altes concentracions observades als dipòsits de deriva de contorns al mar Tirrè. Font: [Science](#)

3.4.2 MICROPLÀSTICS AL MAR MEDITERRANI

En l'actualitat, gairebé tots els oceans i mars del planeta estan contaminats, però el mar Mediterrani ha estat reconegut com un punt calent de microplàstics, ja que la concentració de micropartícules de plàstic en aquesta regió és aproximadament quatre vegades més gran que la que hi ha a l'oceà Pacífic Nord.

La forma semitancada del mar Mediterrani i les diferents activitats generadores de residus plàstics per part dels països que l'envolten, entre elles el turisme, provoquen un increment en la vulnerabilitat a la contaminació per microplàstics en aquestes aigües.

El Mediterrani recull aigua de diferents conques fluvials molt poblades com el Nil, el Roine i el Po i també està connectat amb l'oceà Atlàntic per l'estret de Gibraltar. Està travessat per diverses vies de navegació i té un patró de circulació d'aigua divers per a l'acumulació de deixalles flotants. Tot això suposa una amenaça per a la fauna marina i l'estat d'aquest mar europeu.

Cada any, 100.000 tones de plàstic són abocades al mar Mediterrani. Del total, el 50% de les deixalles de plàstic prové generalment de diverses fonts terrestres, mentre que el 30% de les escombraries prové del riu i canals, però només el 20% és d'origen marítim. La contaminació per plàstics al mar Mediterrani prové de 21 països distribuïts en tres continents diferents (Fig. 20). De les 21 nacions, la població espanyola consumeix 3,84 milions de tones d'articles de plàstic cada any, entre les quals, només el 35-38% del plàstic es recicla. Els espanyols consumeixen aproximadament el 10% del plàstic d'un sol ús a tot Europa, incloent-hi 3.500 milions d'ampolles de plàstic, 1.500 milions de gots de plàstic, 5.000 milions de palletes de plàstic i 207 milions d'envasos d'un sol ús.



Fig. 20. Representació global de la contaminació per microplàstics al mar Mediterrani. Els països que contribueixen a la quantitat més gran de deixalles de plàstic i microplàstics al mar Mediterrani estan marcats amb color vermell. També s'esmenten al mapa les famílies de plàstics que es troben a la costa mediterrània i al mar Mediterrani. Els animals marins que habiten al mar Mediterrani afectats per l'entrellat i la ingestió es mostren per separat. Font: Font del mapa: [Your Free Templates](#).

L'any 2018, l'estudi dut a terme per *Liubartseva* va concretar que les principals zones amb l'acumulació més gran de microplàstics al mar Mediterrani eren les zones de Sicília, el mar de Catalunya i la zona propera al delta del riu Po. Per completar la informació, va concloure que ciutats com Barcelona, Alexandria i Esmirna són importants fonts de residus plàstics al Mediterrani (Taula 2). A més, els autors afirmen que la major part d'aquests residus plàstics s'acumulen a les costes i al fons marí.

Major sources of marine litter in the mediterranean sea			Pollution intensity (Tons/year)
Cities/Country	Barcelona	Spain	1787
	Izmir	Turkey	1562
	Algiers	Algeria	1.22
	Alexandria	Egypt	2209
	Tel Aviv	Israel	3278
Rivers and water-way system/Country	The Po Delta	Italy	1350
	Ceyhan	Turkey	5109
	Seyhan	Turkey	3465
	Nile	Egypt	6772
	Rhone	France	1454
Shipping lanes	Buyuk Menderes River	Turkey	2406
	International		20,000

The table was constructed after extracting data from Liubartseva et al. (2018).

Taula 2. Principals fonts de deixalles marines al mar Mediterrani amb intensitat de contaminació. Font: "Microplastics in the Mediterranean Sea".

Algunes de les formes de microplàstics trobades a les aigües del Mediterrani són restes d'escuma de polièster, filaments d'arts de pesca i petits fragments irregulars de plàstic. L'anàlisi d'aproximadament 2.500 mostres de plàstic provinents de diverses zones del Mediterrani de l'estudi de *Haan et al. (2019)* va mostrar que els polímers plàstics més abundants eren el polietilè amb un 54,5% d'abundància, seguit del polipropilè amb una abundància del 16,5% i el polièster comprenent un 9,7% d'abundància.

3.4.2.1 Microplàstics a la costa catalana

La comarca costanera catalana té una concentració de microplàstics de més de 180.000 peces per quilòmetre quadrat i el polietilè era abundant amb una concentració d'aproximadament el 65%. Això es deu a l'extrema pressió antropocèntrica relacionada amb l'alta densitat de població, el turisme, i totes les activitats marines a les platges catalanes.

L'estudi propulsat per la Universitat de Barcelona anomenat "Surfing for Science" es va centrar en l'anàlisi de microplàstics flotants a la costa del nord-oest del mar Mediterrani, concretament a la costa catalana. La recollida de mostres va tenir lloc en un perímetre de 330 km en tot el litoral català (Fig. 21) i va tenir com a durada un temps de 7 mesos, des de l'octubre de 2020 fins al juny de 2021.

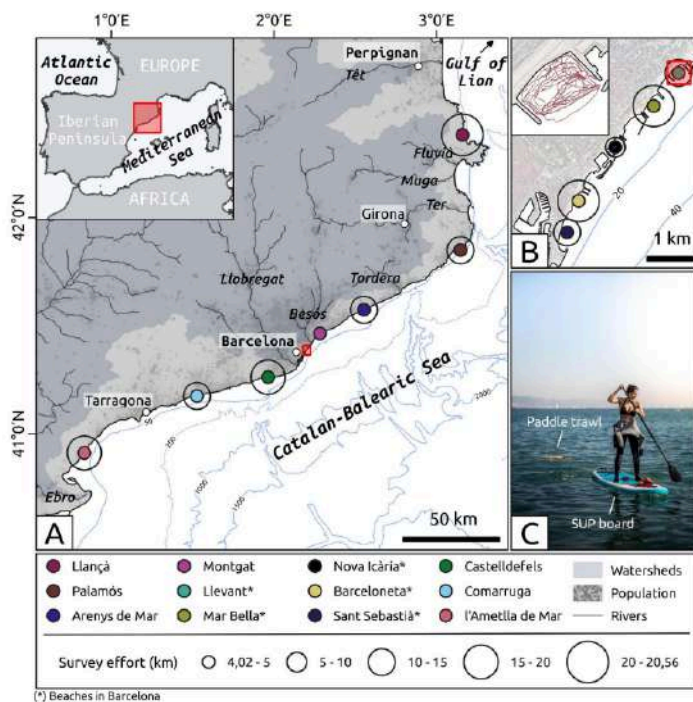


Fig. 21. L'àrea d'estudi, que mostra els llocs de mostreig propers a la costa realitzats per científics ciutadans en un tram de 330 km al llarg costa mediterrània nord-occidental (A), un zoom a cinc platges mostrejades a la ciutat de Barcelona (B) i un voluntari que realitza una prospecció amb l'arrossegament de rem i un stand-up paddle board (C). Font:

[IOPscience](https://iopscience.iop.org/)

Tots els voluntaris inscrits havien de recollir la màxima quantitat de microplàstics flotants al mar amb l'ajuda d'una xarxa especial i utilitzant taules de pàdel surf o embarcacions petites per desplaçar-se.

Els resultats de l'estudi van mostrar que la contaminació per microplàstics a la zona propera a la costa estava lligada a variacions estacionals. A més, dels 24.970 plàstics trobats en totes les mostres recollides en les diferents localitats, el 93,9% dels exemplars eren microplàstics, el 5,7% mesoplàstics i 0,4% de macroplàstics.

A més, els resultats van concloure que les zones més contaminades per microplàstics eren Sant Sebastià i Nova Icària, localitats pertanyents a Barcelona, i l'Ametlla de Mar (Fig. 22 i Fig. 23).

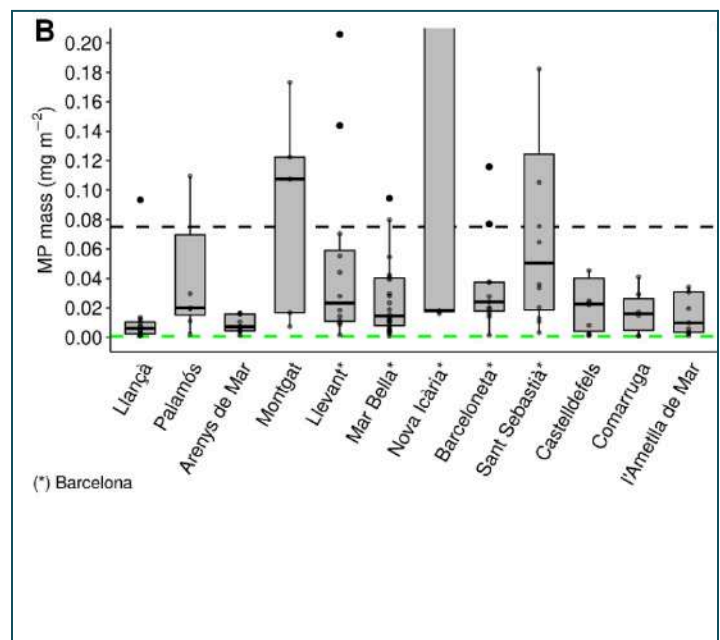
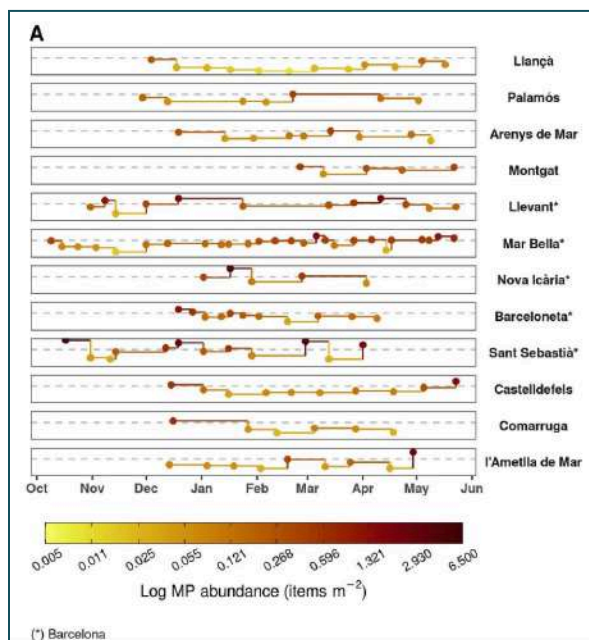


Fig. 22. Resum de l'abundància de microplàstics (A) dels llocs investigats durant el període de mostreig. Cal tenir en compte que 'l'eix y' està transformant en log10. Font: [IOPscience](#)

Fig. 23. Abundància i concentracions de massa de microplàstics a través de llocs al nord-oest del mar Mediterrani. Font: [IOPscience](#)

3.4.3 EFECTES DELS MICROPLÀSTICS EN LA SALUT HUMANA

Tot i que nombrosos estudis científics evidencien la presència de microplàstics als productes alimentaris, es desconeix el destí d'aquestes partícules dins de l'organisme després de ser ingerides. Això és degut al fet que, a diferència d'animals com els peixos, els humans no poden ser alimentats de manera intencionada amb una dieta a base de microplàstics per tal de determinar-ne les conseqüències. No obstant això, estudis recents proporcionen informació rellevant sobre possibles efectes que podrien tenir els microplàstics en la salut humana, sigui per inhalació, ingestió o el contacte directe d'aquestes micropartícules amb la pell (Fig. 24).

Per exemple, s'ha observat que la ingesta de microplàstics podria provocar estrès oxidatiu, un desequilibri entre la producció de radicals lliures i la capacitat del cos per neutralitzar-los amb antioxidants. També, es considera possible que els microplàstics puguin afectar potencialment el sistema nerviós, causant neurotoxicitat. A més, podrien provocar una disfunció del sistema immunitari, debilitant la capacitat del cos per respondre a agents infecciosos i esdevenir un desencadenant de cèl·lules canceroses.

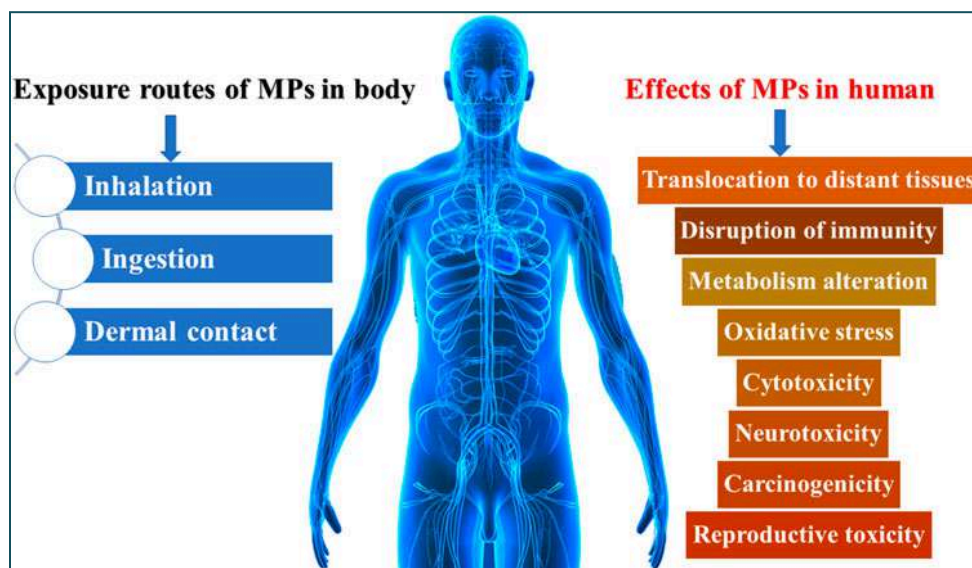


Fig. 24. Possibles efectes dels microplàstics (MP) en el cos humà després de l'exposició. Font: [Frontiers](#).

Un estudi de la Universitat de Nàpols II (2022) va investigar com nanopartícules de poliestirè de 44 nm i 100 nm interactuaven amb cèl·lules d'adenocarcinoma gàstric. El resultat va ser que les nanopartícules més petites, les de 44 nm, s'acumulaven més ràpidament dins de la cèl·lula i activaven gens inflamatoris com IL-6 i IL-8.

L'arribada dels microplàstics al tracte intestinal facilitaria la distribució d'aquestes partícules a altres teixits i òrgans, per mitjà de processos d'absorció com l'endocitosi. Això podria suposar danys físics com lesions o taponaments, així com afectar l'absorció de nutrients essencials.

Els científics especulen que els microplàstics amb una mida superior a 150 μm probablement no s'absorbirien i acabarien desprenent-se del cos per via fecal, mentre que els microplàstics de menys de 150 μm podrien traslladar-se de la cavitat intestinal, a la limfa i al sistema circulatori. Només els microplàstics amb una mida $\leq 20 \mu\text{m}$ podrien penetrar els òrgans, mentre que la fracció més petita ($0,1 > 10 \mu\text{m}$) podria accedir a tots els òrgans, creuar les membranes cel·lulars, la barrera hematoencefàlica i la placenta (Fig. 25). Si és així, és possible que la distribució de microplàstics s'estengués en el fetge, en músculs i al cervell. (Wright i Kelly, 2017).

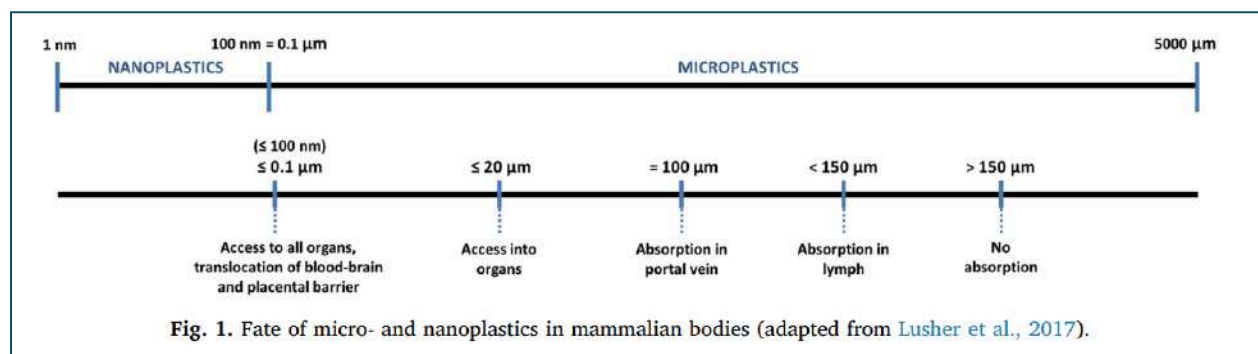


Fig. 25. Destí dels microplàstics i nanoplàstics en cossos de mamífers. Font: [ScienceDirect](#)

L'any 2022, un estudi de la Universitat d'Amsterdam va trobar, per primera vegada, microplàstics al corrent sanguini. (Els científics van analitzar mostres de sang de 22 donants anònims, tots adults sans i van trobar partícules de plàstic en 17 d'ells. D'aquest 80%, la meitat contienien plàstic PET, que s'utilitza habitualment en ampolles de begudes, mentre que un terç contenia poliestirè, utilitzat per envasar aliments i altres productes. Una quarta part de les mostres de sang contienien polietilè, del qual es fan bosses de plàstic.) És així doncs, com la investigació que determina els riscos dels microplàstics en la salut esdevé un camp d'investigació pendent per incrementar.

3.4.4 EFECTES DELS MICROPLÀSTICS EN ESPÈCIES MARINES

Existeixen diferents formes per les quals els organismes marins poden captar els microplàstics del medi que l'envolta. Una d'elles ho és la bioacumulació, un procés mitjançant el qual els microplàstics s'acumulen a l'organisme després de ser absorbits o adherits directament al cos de l'espècie. També, les espècies poden ingerir-los directament, és a dir, confonent els microplàstics amb les seves preses, o de manera indirecta, participant en la xarxa tròfica. Aquest últim procés s'anomena biomagnificació (Fig. 26).

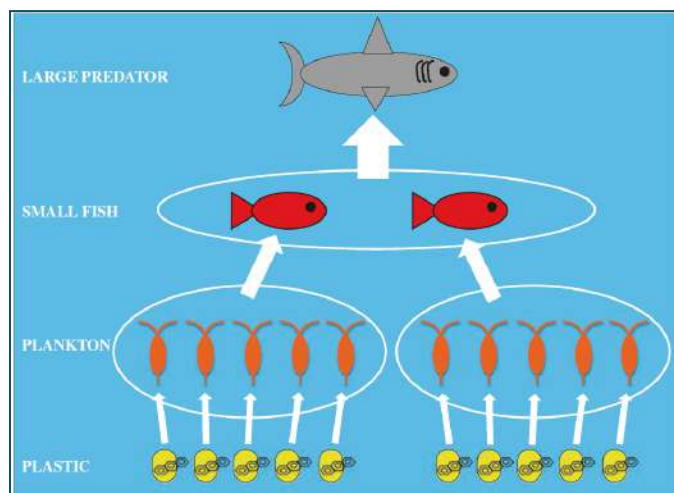


Fig. 26. Biomagnificació de productes químics a la cadena alimentària. El diagrama mostra com els productes químics orgànics del plàstic, poden passar als organismes de nivells tròfics baixos, com el zooplàncton, i acumular-se progressivament a concentracions més altes en els depredadors de nivells tròfics superiors, com els peixos petits i els taurons. Font: [Springer](#).

Independentment del mètode pel qual els microplàstics s'endinsin a l'organisme de les espècies marines, hi ha una sèrie d'efectes negatius presents que poden incloure alteracions en la funció cel·lular, inflamacions, danys als teixits, afectacions al sistema immunitari, així com problemes reproductius i de creixement.

3.4.4.1 Inhibició del creixement

Els microplàstics poden alterar significativament el creixement i desenvolupament de les espècies marines en ser absorbits i acumulats al tracte intestinal, fet que el bloquejarà i provocarà una sensació de sadoll. En conseqüència, hi haurà una disminució en la capacitat d'alimentació de l'ésser viu que reduirà les reserves d'energia al cos afectant directament les reserves d'energia al seu cos.

S'ha demostrat que els microplàstics de poliestirè afecten la reserva d'energia de *Sebastes schlegelii* i redueixen la qualitat nutricional de l'organisme. En els mol·luscs bivalves exposats a partícules de plàstic més grans, s'ha descobert que el seu contingut de proteïnes i lípids no canvia, però la reserva total d'energia disminueix a mesura que augmenta el contingut de microplàstics exposats. En efecte, els microplàstics de poliestirè al sediment poden inhibir significativament el creixement de l'*arenicola marina*, i el grau d'inhibició està correlacionat positivament amb la concentració de microplàstics.

Els microplàstics no només representen un perill físic per als organismes marins, sinó que també poden provocar efectes toxicològics greus (Taula 3), intervenint en el sistema reproductiu i immunològic, afectant la capacitat dels organismes per reproduir-se i defensar-se davant d'agents patògens.

Un clar exemple es troba en la salut reproductiva d'algunes espècies marines. En espècies com *Crassostrea gigas*, l'exposició a microplàstics de poliestirè redueix el

nombre d'òvuls ovulats i disminueix la motilitat dels espermatozoides, cosa que inhibeix la capacitat reproductiva d'aquesta espècie.

D'altra banda, quan els microplàstics ingressen als teixits i òrgans dels peixos marins, poden desencadenar respostes immunitàries, com ara el dany oxidatiu als glòbuls blancs, cosa que resulta en immunotoxicitat. Això s'ha observat en espècies com *Sparus aurata* i *Dicentrarchus labrax* quan són exposades a microplàstics de clorur de polivinil (PVC) i polietilè (PE).

fish species	microplastic type	particle size	concentration	toxicological effects
Pomatoshistos microps	PE	1~5µm	184µg/L	AChE activity decrease
Acanthochormis Polyacanathus	PET	1~2mm	0~0.86mg/L	growth decrease
Dictrarchus labrax	PE	10~45µm	10~100pcs/mg	mortality increase
Dictrarchus labrax	PVC	<0.3mm	0.1% (quality ratio)	inflammation
Dictrarchus labrax	polymer	1~5µm	0.69mg/L	swimming speed decrease
Oryzias Latipes	PE*	<1mm	8µg/L	male: abnormal proliferation of sperm cells
Carrassius Carassius	PS	(24.7±0.2) nm	130mg	vitality decrease
Daniorerio	PS	(24.7±0.2) nm	1.5×10 ¹³ pcs/L	body length decrease
Daniorerio	PE,PP,PA, PVC	70µm	1.0mg/L	intestinal injury

Taula 3. Efectes toxicològics dels microplàstics als peixos. Font: [ResearchGate](#).

3.5 ELS PEIXOS

Els peixos són animals vertebrats que habiten a l'aigua i respiren per mitjà de brànquies, a través de les quals són capaços de captar l'oxigen. Aquests animals estan

proveïts d'aletes i escates per protegir el seu cos i es reproduïxen mitjançant ous. Aquests animals aquàtics poden viure en aigua salada, com als mars i oceans, o en aigua dolça com en rius, llacs, pantans...

Fins ara, s'han descobert més de 20.000 espècies de peix diferents, les quals presenten mides diverses, des dels pocs mil·límetres (Fig. 27) fins als 15 metres de llargada, com n'és el cas del tauró (Fig. 28).



Fig. 27. *Paedocypris progenetica*, el peix més petit del món Font: [Madrimasd](#)



Fig. 28. Fotografia del tauró balena, el peix més gran del món. Font: [Información](#)

L'alimentació d'aquests organismes marins pot variar segons l'espècie. Els peixos carnívors tenen un aparell digestiu curt, un estómac gran i dents petites que els permeten ingerir carn. S'alimenten de peixos més petits i d'animals invertebrats com insectes, cucs, mol·luscs, crustacis i sardines. Els peixos herbívors tenen un intestí més allargat i un estómac petit, són espècies poc agressives i la seva alimentació varia segons la profunditat on viuen. A diferència de les espècies carnívores, les herbívores necessiten alimentar-se amb més freqüència per consumir tots els nutrients necessaris, i la seva digestió és més complicada. L'aliment que més consumeixen són les algues.

Finalment, els peixos omnívors s'alimenten de tota classe d'aliment com les algues o restes d'altres peixos, fet que els permet adaptar-se a nous hàbitats ràpidament.

3.5.1 TIPUS DE PEIX D'AIGUA SALADA

Segons l'hàbitat en el qual resideixin els peixos i el seu comportament, es poden classificar en peixos pelàgics, demersals o bentònics.

En primer lloc, els peixos pelàgics constitueixen un grup divers de peixos que habiten a la zona pelàgica, en aigües mitjanes o prop de la superfície a la zona fòtica, limitant el seu contacte amb les grans profunditats del fons marí. Són baules fonamentals a les xarxes tròfiques, formen els famosos bancs de peixos, realitzen migracions i tenen gran importància econòmica. La tonyina, el peix espasa, el verat i la sardina serien alguns exemples d'espècies pelàgiques.

En segon lloc, els peixos demersals són organismes aquàtics que habiten en aigües profundes a prop del fons de les zones litorals, eulitorals i plataformes continentals, arribant a profunditats de prop de 500 m. En general, presenten poc moviment i entre els seus exemplars trobem el lluç, el bacallà i el congre.



Fig. 29. Espècies de peixos pelàgics i demersals. Font: [Milton Olivo](#).

Per últim, els peixos bentònics són aquells que estan fortament lligats al fons marí, on passen gran part de la seva vida. Solen ser espècies territorials, solitàries i amb característiques morfològiques adaptades a aquest mode de vida, és a dir, presenten colors críptics per camuflar-se al fons, estructures especialitzades a la subjecció al substrat, absència de bufeta natatòria i cos aplanat als peixos. Les espècies bentòniques més conegudes són el turbot, el llenguado, els raps o diverses espècies de ratlles.

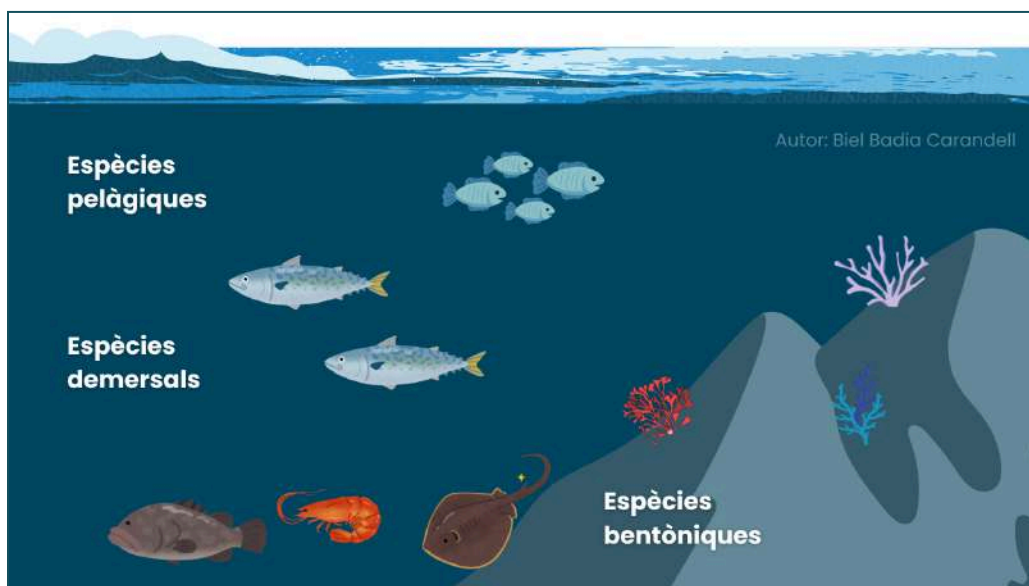


Fig. 30. Classificació de les espècies marines segons el seu hàbitat. Font: pròpia.

3.5.2 *Sardina pilchardus*

La *Sardina pilchardus*, més coneguda com a sardina comuna, és una espècie pelàgica de la família dels Clupeids. El nom de l'espècie pren el nom de les costes de Sardenya, on la seva presència era molt abundant. Aquesta espècie és característica del mar Mediterrani, tot i que també es troba present al Mar Negre i a l'oceà Atlàntic nord-oriental, des d'Islàndia fins al Senegal (Fig. 31).



Fig. 31. Hàbitat de la *Sardina pilchardus*. Font: [Fishi-Pedia](#)

La *Sardina pilchardus* (Fig. 32) pot viure en profunditats de fins a 150 m, encara que el més habitual durant el dia és que es pugui trobar a 25-50 m. Durant la nit, però, pot arribar a trobar-se entre els 15 o 30 centímetres. Generalment, aquest pelàgic s'alimenta de zooplàncton i de petits crustacis planctònics. La sardina es desplaça amb la boca oberta, les preses són així retingudes per les brànquies quan surt de l'aigua. És un peix migrador que, a la primavera forma grans bancs amb individus de la mateixa mida per desplaçar-se.

La sardina és una espècie ovovivípara que pon els seus ous a les aigües càlides prop de la costa, principalment entre octubre i juny. Una femella pot posar fins a 60.000 ous, amb fecundació externa i ous pelàgics. L'eclosió es produeix entre 2 i 4 dies, depenent de la temperatura de l'aigua, i les larves són transportades pels corrents.



Fig. 32. Espècie *Sardina pilchardus*. Font: [Ula Pesca](#).

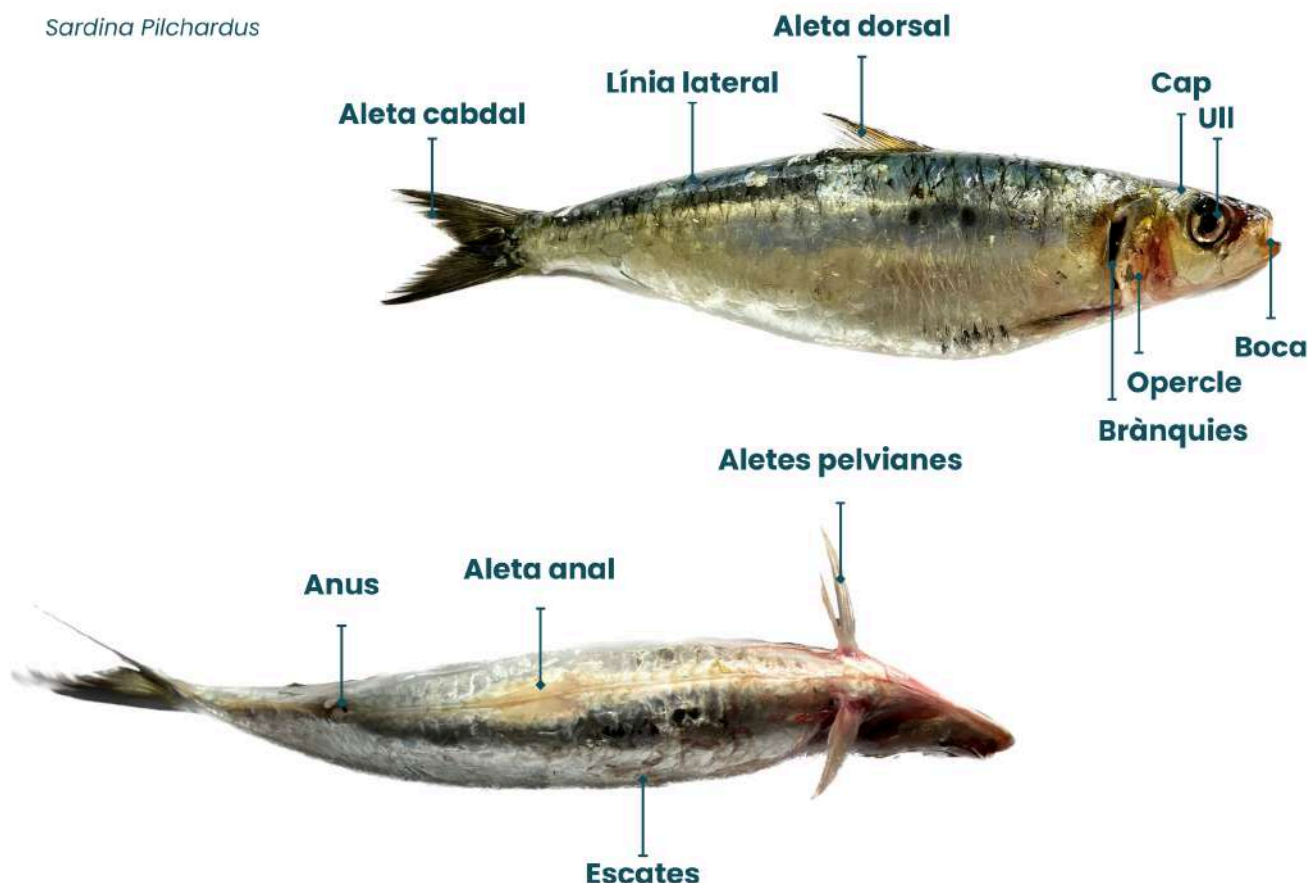
La sardina pot viure fins a deu anys, però arriba a la maduresa sexual a l'any de vida. La talla màxima és de 25 cm, encara que comunament fa entre 15 i 20 cm, i pot arribar a una talla mínima d'11 cm.

3.5.2.1 DISSECCIÓ DE *Sardina pilchardus*

La *Sardina pilchardus*, té un cos allargat i esvelt, de forma ovalada. Té un color entre blau i verd a l'esquena, amb una línia blava brillant al llarg dels flancs i, de vegades, petites taques negres. El ventre és platejat. Les escates són grans, primes i de mida desigual, i el cap és punxegut i sense escates. Té mandíbules igualades, opercles branquials, ulls amb parpelles, i una aleta dorsal que comença una mica abans de la meitat del cos, així com una aleta anal i una aleta caudal bífida i simètrica. La zona ventral té dues petites aletes abdominals (Fig. 33).

MORFOLOGIA EXTERNA

Sardina Pilchardus



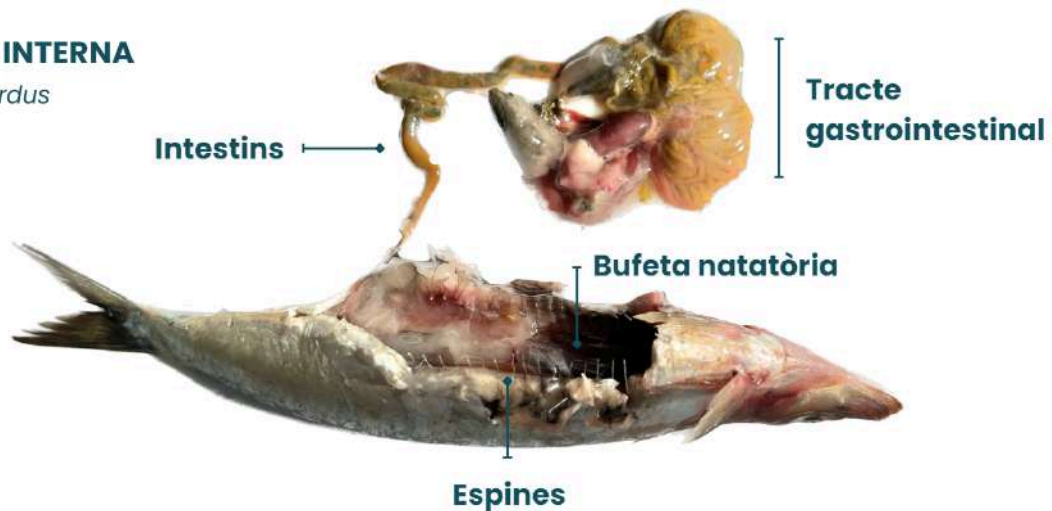
ANATOMIA INTERNA*Sardina Pilchardus*

Fig. 33. Anatomia interna i externa de la *Sardina pilchardus*. Font: pròpia.

En aquest estudi, la pràctica se centrarà en l'anàlisi de microplàstics presents en el tracte gastrointestinal de la *Sardina pilchardus*. S'examinaran amb cura les diferents parts del sistema digestiu del peix, incloent-hi l'estómac i els intestins, per identificar i quantificar la presència de microplàstics. Aquesta metodologia permetrà obtenir dades precises sobre la contaminació per microplàstics al tracte digestiu i avaluar l'impacte potencial en la salut i el benestar de la sardina.

3.5.2.2 JUSTIFICACIÓ DE L'ELECCIÓ DE *Sardina pilchardus*

L'elecció de l'espècie *Sardina pilchardus* en aquest estudi es basa en diversos motius fonamentals. En primer lloc, la sardina és una espècie molt abundant tant al mar Mediterrani com a l'Atlàntic, cosa que facilita la recollida de mostres representatives. La sardina també és un aliment de consum habitual en moltes dietes a escala global i té un preu relativament assequible.

Com que l'alimentació de la sardina comuna es basa en el plàncton, s'ha considerat l'espècie com a vulnerable davant la ingesta de micropartícules no presents en la seva

alimentació. No es troba en perill d'extinció, la qual cosa garanteix que la investigació es realitza en poblacions sostenibles sense afectar espècies en risc.

3.6 OCEANS I MARS ESTUDIATS AL TREBALL

Així com indiquen els objectius del treball, aquest estudi s'ha dissenyat amb la intenció de cercar microplàstics en els diferents mars i oceans que envolten la península Ibèrica (Fig. 34) per poder fer una comparació de les diferents concentracions de micropartícules de plàstic i poder donar una dada quantitativa i rellevant a partir dels resultats que s'obtinguin.

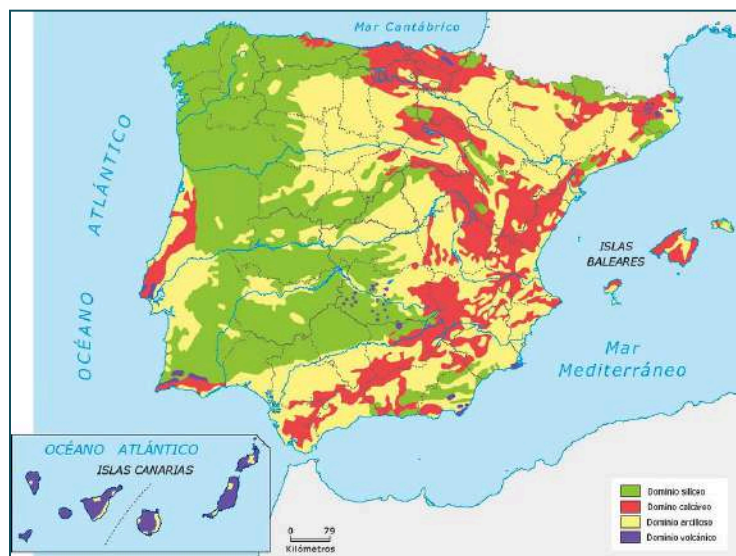


Fig. 34. Mapa geogràfic dels mars i oceans de la península Ibèrica. Font: [Flickr](#).

D'aquesta manera s'ha escollit com punts de referència el litoral català, la costa de Galícia i les aigües de Portugal. A més, degut a la proximitat amb la costa catalana, s'ha fet una anàlisi més exhaustiva en aquesta àrea, el qual s'ha enfocat a poder comparar, també, les diferents costes de la comunitat autònoma (Fig. 35): la costa Brava, la costa del Maresme, la costa Garraf i la costa Daurada. En específic, els punts

escollits han estat Llançà, Blanes, la Barceloneta i Vilanova i la Geltrú. Del mar Cantàbric s'ha escollit la costa d'Ortega i del mar Atlàntic, la de Lisboa.



Fig. 35. Costes del litoral català. Font: [Corsa Arenautic](#).

El motiu pel qual s'han escollit aquestes localitats tenen a veure amb la seva diversitat geogràfica i ambiental, així com l'impacte social i econòmic que podrien provocar a Espanya i Portugal.

En primer lloc, la distribució de les zones d'estudi es localitzen en tres masses d'aigua diferents: el mar Mediterrani, el mar Cantàbric i l'oceà Atlàntic, cosa que permetrà obtenir dades representatives de diferents ecosistemes marins.

D'altra banda, les àrees de camp han estat escollides segons la proximitat de les quals a fonts potencials de contaminació. Per exemple, la Barceloneta, al centre de Barcelona, és una zona amb una elevada afluència turística i urbana, mentre que Llançà i Blanes són localitats costaneres menys urbanitzades, però amb una forta tradició pesquera.

Un altre aspecte que s'ha tingut en compte, ha estat la presència dels corrents marins. D'aquesta manera, es podrà detectar la influència d'aquest fenomen natural en els resultats finals de l'anàlisi.

4. PART PRÀCTICA: ANÀLISI DE MICROPLÀSTICS A LA *Sardina pilchardus*

4.1 INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

La pràctica emprada al laboratori té com a finalitat possibilitar el fet d'observar partícules de microplàstic presents al tracte gastrointestinal de la sardina europea (*Sardina pilchardus*) de mostres presents a la costa Catalana, a Galícia i a Portugal. El resultat final s'obtindrà a partir de la completa digestió de l'exemplar de sardina amb peròxid d'hidrogen (H_2O_2) i energia en forma de calor, afavorint la desintegració de la matèria orgànica. Seguit d'un procés de filtració de contingut, els fragments de plàstic romandran intactes a la superfície del filtre utilitzat. Amb l'ajuda d'una lupa i un microscopi es podran observar els microplàstics sense dificultat.

4.2 CONSIDERACIONS PRÈVIES

Per tal de validar que la presència de les partícules de microplàstic estudiades són de procedència única i exclusiva de les mostres de peix analitzades i, per prevenir possibles contaminacions externes, al laboratori s'ha seguit un protocol de desinfecció. A més, degut a l'ús de substàncies químiques que podrien posar en risc la salut de l'investigador, és d'indispensable necessitat seguir, també, unes mesures de seguretat que permetin unes bones condicions de treball.

És així, doncs, que per operar sense prendre riscos i assegurar un resultat fiable, sense interferències que alterin la validesa dels resultats, s'han hagut de dur a terme les següents indicacions:

- S'ha netejat el material utilitzat en cada moment amb aigua i sabó.

- S'han utilitzat guants de làtex només en els punts que no hi havia possible contacte amb la mostra analitzada.
- El lloc de treball s'ha desinfectat i esterilitzat amb alcohol pur.
- És molt important, també, realitzar un grup control per a cada localitat estudiada.

4.3 MATERIAL

Tot seguit es mostren els instruments indispensables per a dur a terme la pràctica:



20 pots de vidre (350 ml)



15 pots de vidre (150 ml)



Paper d'alumini



Estufa de laboratori



Tisores



Pinces



Plates



Balances



Peròxid d'hidrogen (30%)



Pipetejador



Retolador permanent



Filtre (1,2 µm)



Placa de Petri



Punxó



Portaobjectes



Pipeta



Regle (30 cm)



Vas de precipitats



Tornavís



Tros de mànega (vermella)



Abraçadera



Kitasato



Base de vidre amb placa porosa



Pinça de subjecció



Embut de filtració graduat



Tap de silicona



Mànega negra



Trompa de plàstic



Adaptador



Microscopi òptic



Lupa



Nevera mòbil



Calculadora



Bosses de plàstic



Vareta de vidre



Alcohol pur



Guants



Sabó



Paper



Taps

4.4 PROCEDIMENT DE LA PRÀCTICA

Aquesta pràctica consta de tres diferenciades parts, les quals requereixen períodes de temps específics. A més, cada un dels apartats es farà en dies diferents perquè així ho decideix el procediment.

4.4.1 PRIMERA PART DEL PROCEDIMENT

El primer dia al laboratori es durà a terme l'extracció del tracte gastrointestinal de les mostres de peix. Però abans de començar amb la pràctica, s'ha de fer una anàlisi externa de cada una de les mostres. Aquesta presa d'informació constarà de l'avaluació de la llargària i el pes de la mostra i la posterior anotació de les dades obtingudes a la fitxa tècnica de treball, mostrada a l'apartat de resultats.

1. Primer de tot, s'ha de tarar una de les sis plates a la balança i col·locar-hi l'exemplar de sardina al damunt. Per fer-ho s'ha de treure la sardina de la nevera i de la bossa.
2. Després d'identificar-ne el pes, s'ha de mesurar, amb el regle, la llargària del peix, des de la boca fins a la punta més allunyada de l'aleta caudal.



Fig. 1. *Tara de la plata*



Fig. 2. *Mesura de la sardina*

3. Un cop registrada la informació, s'ha de treure el conjunt de la balança i col·locar-lo a la zona de treball.
4. Seguidament, amb l'ajuda de les tisores, es comença el procés d'extirpació. Per fer-ho, s'introdueixen les tisores per l'orifici anal i se segueix una trajectòria rectilínia uniforme fins a arribar al cap de la mostra.



Fig. 3. *Tall transversal*



Fig. 4. *Tall transversal*

5. Quan s'hagi completat aquest primer tall, es faran dos talls perpendiculars a la zona d'obertura principal, seguint el contorn de les brànquies de la mostra, i, d'aquesta manera, augmentar la superfície interna per operar.



Fig. 5. *Tall perpendicular*



Fig. 6. *Tall perpendicular*

6. Tot seguit, cal obrir la panxa de la mostra i extreure l'estómac, els intestins i el recte amb les pinces.
7. Aquest contingut s'ha de disposar al pot de vidre que haurà estat tarat prèviament.



Fig. 7. *Extracció del tracte gastrointestinal*



Fig. 8. *Dipòsit del contingut al pot de vidre*

8. Un cop obtinguda la massa del contingut, s'han d'afegir 20 ml de peròxid d'hidrogen (H_2O_2) per cada gram de matèria al recipient. L'aigua oxigenada s'ha d'abocar a l'interior del pot de vidre amb l'ajuda d'un vas de precipitats i una pipeta amb el seu pipetejador respectiu. El vas de precipitats s'utilitzarà per afegir la major part de la quantitat requerida i la pipeta per enrasar les unitats de volum.

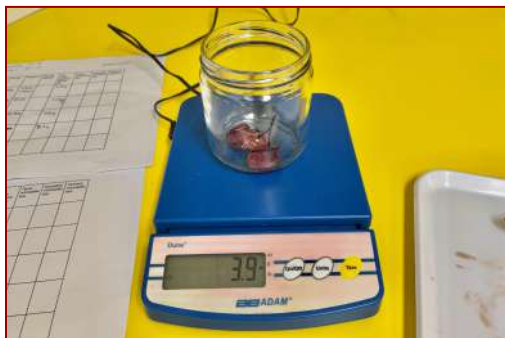


Fig. 9. *Pesada de contingut a la balança*



Fig. 10. *Abocament de peròxid d'hidrogen d'acord amb el pes*

9. Aconseguida la mescla, s'ha de tapar la cavitat del pot de vidre amb paper d'alumini i perforar la làmina amb el punxó. Preferiblement fer entre 8 i 10 forats.



Fig. 11. Col·locació de làmina de paper d'alumini al vas.



Fig. 12. Perforació de la làmina amb el punxó.

10. En penúltim lloc, s'ha de numerar la mostra amb l'ajuda d'un retolador permanent i la data en què s'ha fet la dissecció
11. Finalment, es guarda el pot de vidre dins de l'estufa a una temperatura de 60° i es deixa reposar la mostra durant 48 hores. Durant aquest període de temps, s'ha d'anar barrejant el contingut amb una vareta de vidre per aconseguir la total desintegració de la matèria orgànica. Si escau, també caldrà afegir una petita quantitat d'aigua oxigenada proporcionalment.



Fig. 13. Referència de la mostra



Fig. 14. Repòs de la mostra durant 48 h

A tenir en compte:

- Cada una de les mostres de sardina disposarà de les seves tisores, les seves pinces i la seva plata. En cas de falta de material, s'haurà de tornar a netejar i desinfectar el material utilitzat.
- La superació de la quantitat d'aigua oxigenada necessària no afectarà els resultats finals de la pràctica, sempre que sigui en petites quantitats.

4.4.2 SEGONA PART DEL PROCEDIMENT

Passades les 48 hores, s'inicia la segona fase del procediment la qual consistirà en la filtració del contingut a través d'una bomba de buit. Primer, doncs, s'ha de muntar aquest sistema al laboratori.

4.4.2.1 CONFIGURACIÓ DE LA BOMBA DE BUIT

A continuació es mostren els passos que s'han seguit per a muntar aquest sistema de filtració:

1) Introduir l'estructura tubular de la base de vidre amb placa porosa per la cavitat del tap de silicona. El tap ha d'estar situat al centre de la base. Per fer-ho, cal fer un moviment de rotació de la silicona en vers el tub.



Fig. 15. Unió de la base de vidre amb la goma de silicona.

2) Col·locar la base de vidre amb placa porosa a la cavitat superior del Kitasato fins que el tap de silicona cobreixi l'obertura completament.



Fig. 16. Introducció de la base de vidre amb placa porosa al Kitasato.

3) Instal·lar el filtre d'1,2 μm a la superfície porosa i assegurar-se que ocupa el centre de l'estructura.

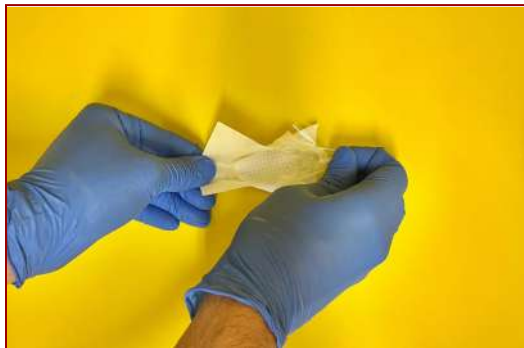


Fig. 17. Obertura del filtre d'1,2 μm



Fig. 18. Instal·lació del filtre d'1,2 μm a la superfície porosa.

4) Unir l'embut de filtració graduat a la base de vidre amb placa porosa amb l'ajuda de la pinça de suport.

Fig. 19. Estabilització de l'embut de filtració graduat amb la pinça de suport.



5) Connectar el fragment petit de mànega amb un tub de goma a partir d'una trompa de plàstic i collar el conjunt a l'aixeta amb una abraçadera, utilitzant un tornavís.



Fig. 20. Cargolar l'abraçadera a l'aixeta.

6) Finalment, introduir la tubuladura lateral del Kitasato a l'interior del tub de goma.



Fig. 21. Introducció de la tubuladura lateral dins del tub de goma.

4.4.2.2 INICI DEL PROCÉS DE FILTRACIÓ

Després d'haver muntat l'estructura de la bomba de buit, la pràctica ha de seguir el seu transcurs mitjançant el procés de filtració de contingut. A continuació, es mostren els passos que s'han de seguir en ordre cronològic.

1. En primer lloc, s'ha de reprendre un dels vasos de vidre que romanen a l'estufa, retirar la l'amina de paper d'alumini que, fins ara, impedia el vessament de la solució, i centrifugar el seu contingut manualment o amb l'ajuda d'una vareta de vidre.



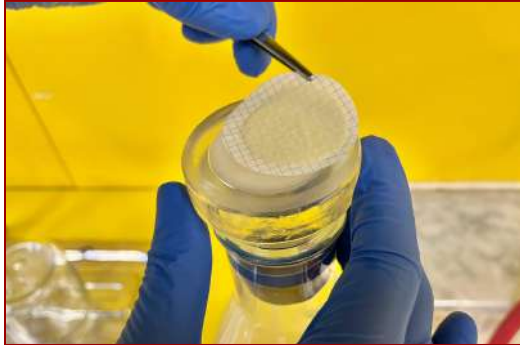
2. Abocar tota la dissolució a l'interior de l'embut de filtració graduat i activar la bomba de buit. Per fer-ho, s'ha d'obrir l'aixeta i permetre el pas de l'aigua.



3. Esperar que el contingut es filtri el contingut per complet.
4. Un cop tot el líquid s'hagi transferit a l'interior del Kitasato, retirar la pinça de suport i l'embut de filtració graduat.



5. Treure el filtre de la base porosa amb les pinces de laboratori i situar-lo al tap que cobria el vas de vidre abans d'iniciar tot el procediment.



6. Cobrir el tap amb paper d'alumini i amb un retolador permanent, tornar a indicar el número identificatiu de la mostra amb la data de la filtració.

7. Deixar reposar el filtre 24 hores perquè s'assequi i poder continuar amb l'última fase de l'experiment.



4.4.2.3 A TENIR EN COMPTE

- El temps de filtració de contingut pot variar segons la mostra filtrada en cada moment. El temps de mitjana és de 25 minuts, tot i que no sempre es compleix.
- Es recomana utilitzar de 2 a 3 filtres per mostra per agilitzar el procés i facilitar l'anàlisi dels microplàstics en l'última fase del procediment. D'aquesta manera,

no hi haurà excedència de matèria orgànica que obstaculitzi la cerca i troballa de micropartícules de plàstic amb el microscopi.

- És necessari controlar que a l'estructura de la bomba de buit no s'empassi la base de vidre amb la placa porosa. Perquè això no succeeixi, cal graduar la pressió amb la qual l'aigua surt de la pica.
- Si el contingut triga a baixar, probablement no és problema del sistema, simplement cal restar a l'espera. En qualsevol cas, no augmentar la intensitat de l'aixeta ni pressionar la sortida d'aigua de la qual.
- Entre mostres filtrades, s'ha de netejar l'embut de filtració graduat amb aigua i sabó i fer una filtració ràpida d'alcohol del 95%. Aquesta substància permetrà que la base porosa es destapi.

4.4.3 TERCERA FASE DEL PROCEDIMENT

Un dia després de la filtració de la mostra, s'embrèn l'última de les tres fases de la pràctica. Aquest últim apartat consistirà en la recerca i l'anàlisi de microplàstics a la superfície del filtre. Per afirmar amb detall la presència de fibres antropogèniques o altres estructures similars, se seguiran dues observacions; la primera, amb la lupa, per fer una visió general del camp treballat; la segona, amb el microscopi, per determinar l'estructura i verificar la composició de l'artefacte.

En cada una de les dues observacions que es duren a terme s'haurà de tenir a la disposició una graella on s'apuntaran totes les observacions fetes al microscopi. A més, s'hauran de fotografiar cada una de les partícules trobades i referenciar-les per saber,

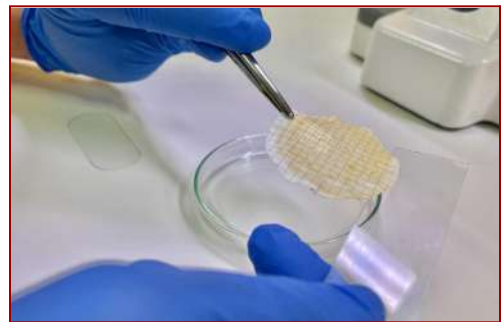
en tot moment, de quina mostra es tracta. Això ens permetrà fer una valoració final i afirmar o descartar les fotografies que així ho requereixin.

4.4.3 1 OBSERVACIÓ AMB LUPA BINOCULAR

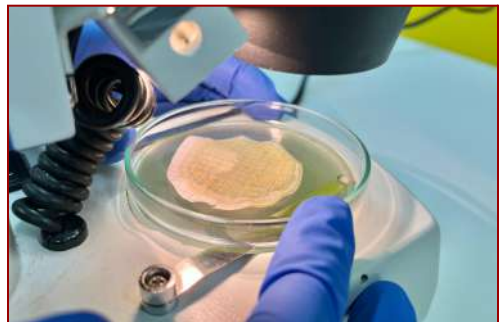
1. Extreure el paper d'alumini del tap on es troba el filtre.



2. Subjectar el filtre amb les pinces de laboratori i deixar-lo dins de la placa de petri.



3. Col·locar la placa de petri amb el filtre dins de la platina de la lupa.



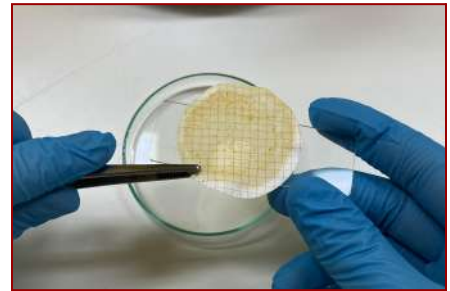
4. Ajustar la il·luminació de la lupa i enfocar la mostra amb el cargol d'enfocament lateral a 12 augments (12x).



5. Desplaçar la placa de petri per la platina de la lupa, seguint un moviment circular, contemplant tota la superfície del filtre.

4.4.3.2 OBSERVACIÓ AMB EL MICROSCOPI ÒPTIC

1. Treure la placa de Petri de la lupa i extreure'n el filtre per posicionar-lo al portaobjectes.



2. Col·locar el portaobjectes amb el filtre a la platina i subjectar-lo amb les pinces del microscopi.



3. Ajustar la intensitat lluminosa del microscopi.



4. Posicionar el revòlver amb l'objectiu de 40X.



- Adaptar l'altura de la platina amb el cargol macromètric i precisar-ne la posició amb el cargol micromètric.



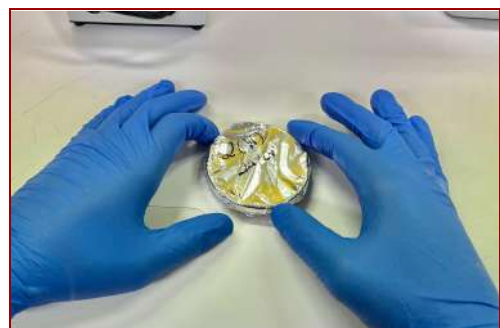
- Desplaçar la platina per centrar el filtre a l'objectiu.



- Començar l'anàlisi exhaustiva seguint el patró quadriculat que presenta el filtre. Anotar les observacions a la fitxa tècnica (x)



- Una vegada feta l'observació, tornar a guardar el filtre a la tapa, protegint-lo de possibles contaminacions amb la làmina de paper d'alumini, per si, més tard, cal fer una segona revisió.



4.4.3.3 A TENIR EN COMPTE

- Mai es pot tocar el filtre amb les mans, sinó que s'ha de fer amb les pinces.
- Si el filtre, quan s'asseca, presenta arrugues, és recomanable humitejar el portaobjectes amb aigua perquè s'hi adhereixi i així facilitar el fet d'enfocar el filtre amb l'objectiu.
- En algun moment puntual, es pot utilitzar l'objectiu de 10X, per concretar una partícula petita la qual comporta dificultats d'identificar. En cap cas, utilitzar nivells d'augment superior als esmentats.

4.4.4 CONSIDERACIONS FINALS

Tot el procediment detalladament mostrat s'ha de dur a terme amb cadascuna de les mostres escollides. A més, s'ha repetit l'experiment 6 vegades, per a cada una de les 6 sardines de les diferents localitats. Aquestes rèpliques permetran donar uns fonaments substancials en les conclusions finals de l'estudi.

4.4.5 RECOPILACIÓ DE DADES

A continuació, l'article farà referència als resultats obtinguts en finalitzar la pràctica prèviament detallada. És d'important rellevància aclarir que totes les dades s'han documentat tal com mostrava la realitat i són originàries de l'estudi. En cap cas s'han relacionat amb informació extreta d'altres fonts.

4.4.5.1 CARACTERÍSTIQUES MORFOLÒGIQUES.

Tot seguit es mostraran les dades obtingudes a la primera fase del procediment, anotades a les taules 1, 2, 3, 4, 5 i 6. Aquesta taula mostra les característiques que s'han considerat importants a l'hora de començar la pràctica.

En primer lloc, s'ha decidit fer una taula per a cada una de les rèpliques estudiades, les quals estan marcades amb números romans de l'I al VI. La data correspon al dia en què es va operar l'espècie. Per tal de minimitzar el contingut de l'estudi, s'ha atorgat un número identificatiu a cada una de les diferents mostres de *Sardina pilchardus* per referenciar la procedència de les quals. Els números utilitzats per marcar el lloc de captura han estat l'1 per les mostres de Galícia, el 2, per les mostres de Blanes, el 3, per les mostres de Vilanova i la Geltrú, el 4 per les mostres de Llançà, el 5, per les mostres de la Barceloneta, i el 6 per les mostres de Portugal.

Pel que fa a les dades físiques, s'ha anotat el pes, en grams, de cadascuna de les mostres analitzades, la mida, en centímetres, i el pes del seu tracte gastrointestinal, també en grams, una vegada extirpat del seu interior. Per últim, s'ha anotat el volum de peròxid d'hidrogen emprat per degradar la matèria orgànica per complet. El número obtingut s'ha aconseguit a partir de la multiplicació de la massa del tracte gastrointestinal amb els 20 mil·lilitres necessaris per a cada gram de contingut.

Taula 1: Recull de dades de les primeres rèpliques de *Sardina pilchardus*.

<i>Sardina pilchardus</i> (I)						
Data	ID PEIX	Lloc de captura	Pes (g)	Mida (cm)	Pes tracte gastrointestinal (g)	ml H ₂ O ₂ (20ml/g)
08/07/24	1 (I)	Galícia	59 g	18 cm	6,9 g	138 ml
08/07/24	2 (I)	Blanes	23,1 g	14 cm	1,4 g	28 ml
08/07/24	3 (I)	Vilanova i la Geltrú	18,4 g	13,5 cm	1,3 g	26 ml
09/07/24	4 (I)	Llançà	27,3 g	15 cm	2,2 g	44 ml
15/07/24	5 (I)	La Barceloneta	27,1 g	14,7 cm	2 g	40 ml
16/07/24	6 (I)	Portugal	37,3 g	16,5 cm	3 g	60 ml

Taula 2: Recull de dades de les segones rèpliques de *Sardina pilchardus*.

<i>Sardina pilchardus</i> (II)						
Data	ID PEIX	Lloc de captura	Pes (g)	Mida (cm)	Pes tracte gastrointestinal (g)	ml H ₂ O ₂ (20ml/g)
08/07/24	1 (II)	Galícia	57,2 g	19 cm	3,7 g	74 ml
08/07/24	2 (II)	Blanes	33,5 g	15 cm	2,4 g	48 ml
09/07/24	3 (II)	Vilanova i la Geltrú	14,7 g	12 cm	1 g	20 ml
09/07/24	4 (II)	Llançà	36,6 g	16,3 cm	3 g	60 ml
15/07/24	5 (II)	La Barceloneta	16 g	13 cm	1,1 g	22 ml
16/07/24	6 (II)	Portugal	41,2 g	17,5 cm	4,5 g	90 ml

Taula 3: Recull de dades de les terceres rèpliques de *Sardina pilchardus*.

<i>Sardina pilchardus</i> (III)						
Data	ID PEIX	Lloc de captura	Pes (g)	Mida (cm)	Pes tracte gastrointestinal (g)	ml H ₂ O ₂ (20ml/g)
15/07/24	1 (III)	Galícia	57 g	19 cm	6,5 g	130 ml
15/07/24	2 (III)	Blanes	25,9 g	15 cm	1,9 g	38 ml
15/07/24	3 (III)	Vilanova i la Geltrú	17,5 g	13,5 cm	1,3 g	26 ml
15/07/24	4 (III)	Llançà	38,2 g	16,5 cm	2,7 g	54 ml
15/07/24	5 (III)	La Barceloneta	3,2 g	16,5 cm	2,1 g	42 ml
15/07/24	6 (III)	Portugal	46,4 g	17,6 cm	4 g	80 ml

Taula 4: Recull de dades de les quartes rèpliques de *Sardina pilchardus*.

<i>Sardina pilchardus</i> (IV)						
Data	ID PEIX	Lloc de captura	Pes (g)	Mida (cm)	Pes tracte gastrointestinal (g)	ml H ₂ O ₂ (20ml/g)
15/07/24	1 (IV)	Galícia	49,3 g	18,5 cm	3,7 g	74 ml
15/07/24	2 (IV)	Blanes	39,7 g	16,5 cm	2,1 g	42 ml
15/07/24	3 (IV)	Vilanova i la Geltrú	30 g	15,6 cm	1,9 g	38 ml
15/07/24	4 (IV)	Llançà	38,6 g	17 cm	3 g	60 ml
22/07/24	5 (IV)	La Barceloneta	29,9 g	15,3 cm	1,8 g	36 ml
22/07/24	6 (IV)	Portugal	42,8 g	17,5 cm	3,2 g	64 ml

Taula 5: Recull de dades de les cinquenes rèpliques de *Sardina pilchardus*.

<i>Sardina pilchardus</i> (V)						
Data	ID PEIX	Lloc de captura	Pes (g)	Mida (cm)	Pes tracte gastrointestinal (g)	ml H ₂ O ₂ (20ml/g)
15/07/24	1 (V)	Gaícia	60 g	20 cm	4,6 g	92 ml
15/07/24	2 (V)	Blanes	30,1 g	15,2 cm	0,5 g	10 ml
15/07/24	3 (V)	Vilanova i la Geltrú	28,7 g	15,5 cm	1,5 g	30 ml
15/07/24	4 (V)	Llançà	36 g	16,5 cm	2,8 g	56 ml
22/07/24	5 (V)	La Barceloneta	17,5 g	13,5 cm	1 g	20 ml
22/07/24	6 (V)	Portugal	37,5 g	17 cm	3 g	60 ml

Taula 6: Recull de dades de les sisenes rèpliques de *Sardina pilchardus*.

<i>Sardina pilchardus</i> (VI)						
Data	ID PEIX	Lloc de captura	Pes (g)	Mida (cm)	Pes tracte gastrointestinal (g)	ml H ₂ O ₂ (20ml/g)
22/07/24	1 (VI)	Galícia	57 g	19 cm	4 g	80 ml
22/07/24	2 (VI)	Blanes	28,5 g	15,5 cm	2 g	40 ml
22/07/24	3 (VI)	Vilanova i la Geltrú	25,4 g	15 cm	1,8 g	36 ml
22/07/24	4 (VI)	Llançà	38 g	16,3 cm	3,1 g	62 ml
22/07/24	5 (VI)	La Barceloneta	20,8 g	14 cm	1,4 g	28 ml
22/07/24	6 (VI)	Portugal	44 g	17,6 cm	3,2 g	64 ml

4.4.5.2 MICROPLÀSTICS TROBATS

Aquest segon punt dels resultats mostra el contingut dels filtres una vegada finalitzada la tercera part del procediment. Les dades que es mostren seguidament indiquen la presència de microplàstics que es trobaven a l'interior del tracte gastrointestinal de les mostres de *Sardina pilchardus* seleccionades.

Per a la correcta distinció de les micropartícules de plàstic davant el contingut del filtre s'ha tingut en compte el color, la forma, així com la total relació amb les fotografies de microplàstics cedides per la Xènia Frigola Tepe. Totes les observacions s'han anotat a les taules 7, 8, 9, 10, 11 i 12 mostrades a continuació.

A les taules dissenyades, s'hi mostra el número identificatiu del peix (ID PEIX) i les diferents formes de microplàstics que s'han trobat a cada un dels filtres. Les formes de microplàstics es classifiquen en fibres (F), fragments (FR), films (FL) i no reconeguts (N). Cada tipus de microplàstic s'acompanya del seu color respectiu, tal com es detalla a la taula.

A cada una de les diferents formes de microplàstic se li ha assignat una lletra d'abreviació i un número que l'identifica per facilitar l'enteniment de la taula. El caràcter '-' s'ha utilitzat per a designar que no hi ha manifestació de microplàstics en la mostra que així es defineixi.

Cadascuna de les micropartícules enregistrades a la taula es poden consultar a l'apartat d'anàlisi per imatges on s'ofereix informació detallada sobre la seva mida, la seva forma, l'estructura i altres propietats rellevants. Això permetrà donar una justificació i fiabilitat als resultats, garantint que les dades presentades són precises i verificables.

A més, a l'experiment hi ha constatat un grup control per a cada localitat, el qual ens ha permès descartar la possibilitat que els resultats obtinguts siguin deguts a contaminacions o factors aleatoris, assegurant, d'aquesta manera, la validesa de les nostres conclusions.

Taula 7: Distribució de microplàstics identificats en els peixos analitzats, segons el tipus (fibres, fragments, films, i no reconeguts) i el seu color de les mostres de Galícia (ID 1).

ID PEIX	FIBRES	COLOR	FRAGMENTS	COLOR	FILM	COLOR	NO REC	COLOR
1 (I)	F1, F2, F3	Transparent	-	-	-	-	N1	Transparent
1 (II)	F1	Blau	-	-	-	-	-	-
	F2	Vermell	-	-	-	-	-	-
1 (III)	F1	Transparent	FR1,FR2	Blau	-	-	-	-
	F2	Blau	-	-	-	-	-	-
1 (IV)	-	-	FR1	Blau	-	-	-	-
1 (V)	-	-	-	-	-	-	-	-
1 (VI)	F1,F2	Negre	FR1	Blau	-	-	-	-
	-	-	FR2	Vermell	-	-	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 8: Distribució de microplàstics identificats en els peixos analitzats, segons el tipus (fibres, fragments, films, i no reconeguts) i el seu color de les mostres de Blanes (ID 2).

ID PEIX	FIBRES	COLOR	FRAGMENTS	COLOR	FILM	COLOR	NO REC	COLOR
2 (I)	F1,F2,F3	Negre	-	-	-	-	-	-
	F4,F5	Blau	-	-	-	-	-	-
	F6	Vermell	-	-	-	-	-	-
2 (II)	F1	Negre	-	-	-	-	-	-
	F2	Blau	-	-	-	-	-	-
	F3	Vermell	-	-	-	-	-	-
2 (III)	F1,F2	Blau	FR1	Blau	-	-	-	-
	-	-	FR2	Blau clar	-	-	-	-
2 (IV)	F1	Negre	FR1	Blau clar	-	-	-	-
2 (V)	-	-	FR1, FR2	Blau clar	-	-	-	-
2 (VI)	F1	Blau	-	-	-	-	N1,N2,N3,N4, N5	Transparent
	F2	Transparent	-	-	-	-	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 9: Distribució de microplàstics identificats en els peixos analitzats, segons el tipus (fibres, fragments, films, i no reconeguts) i el seu color de les mostres de Vilanova i la Geltrú (ID 3).

ID PEIX	FIBRES	COLOR	FRAGMENTS	COLOR	FILM	COLOR	NO REC	COLOR
3 (I)	F1	Negre	-	-	-	-	N1	Marró
	F2,F3	Blau	-	-	-	-	N2	Transparent
3 (II)	F1	Negre	FR1	Blau	-	-	-	-
3 (III)	-	-	-	-	-	-	N1	Transparent
3 (IV)	-	-	FR1	Negre	-	-	N1,N2	Transparent
	-	-	-	-	-	-	N3,N4,N5,N6, N7,N8,N9	Negre
3 (V)	-	-	-	-	-	-	N1	Negre
3 (VI)	F1	Negre	-	-	FL1	Vermell	N1	Marró
	F2,F3	Blau	-	-	-	-	N2,N3,N4, N5,N6,N7,N8, N9	Transparent
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 10: Distribució de microplàstics identificats en els peixos analitzats, segons el tipus (fibres, fragments, films, i no reconeguts) i el seu color de les mostres de Llançà (ID 4).

ID PEIX	FIBRES	COLOR	FRAGMENTS	COLOR	FILM	COLOR	NO REC	COLOR
4 (I)	-	-	-	-	-	-	N1	Transparent
4 (II)	F1,F2,F3	Transparent	FR1	Negre	-	-	-	-
4 (III)	F1	Transparent	FR1	Granat	-	-	-	-
	F2	Blau	FR2,FR3,FR4, FR5,FR6	Blau	-	-	-	-
4 (IV)	-	-	-	-	-	-	-	-
4 (V)	F1	Blau fosc	FR1,FR2,FR3	Blau	-	-	N1	Groc
	F2	Transparent	FR4,FR5,FR6, FR7, FR8,FR9	Negre	-	-	N2,N3,N4,N5, N6,N7,N8,N9, N10,N11,N12, N13	Blau
4 (VI)	F1	Transparent	-	-	-	-	N1	Negre
	F2	Negre	-	-	-	-	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 11: Distribució de microplàstics identificats en els peixos analitzats, segons el tipus (fibres, fragments, films, i no reconeguts) i el seu color de les mostres de la Barceloneta (ID 5).

ID PEIX	FIBRES	COLOR	FRAGMENTS	COLOR	FILM	COLOR	NO REC	COLOR
5 (I)	-	-	-	-	-	-	N1	Transparent
5 (II)	F1	Transparent	FR1, FR2	Blau	-	-	N1	Marronós
	F2	Marró	FR3	Negre	-	-	-	-
5 (III)	F1	Transparent	FR1	Blau	-	-	-	-
5 (IV)	-	-	FR1,FR2	Blau	-	-	-	-
	-	-	FR3	Blau fosc	-	-	-	-
5 (V)	F1	Transparent	FR1,FR2,FR3,FR4,FR5,FR6	Blau	-	-	-	-
	F2	Negre	FR7	Negre	-	-	-	-
5 (VI)	-	-	-	-	-	-	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

Taula 12: Distribució de microplàstics identificats en els peixos analitzats, segons el tipus (fibres, fragments, films, i no reconeguts) i el seu color de les mostres de Portugal (ID 6).

ID PEIX	FIBRES	COLOR	FRAGMENTS	COLOR	FILM	COLOR	NO REC	COLOR
6 (I)	F1	Transparent	FR1,FR2	Blau fosc	-	-	N1	Transparent
	F2	Blau	FR3	Blau	-	-	-	-
6 (II)	F1	Negre	FR1	Blau	-	-	-	-
6 (III)	F1	Blau	FR1	Cian	-	-	-	-
6 (IV)	-	-	-	-	-	-	-	-
6 (V)	F1	Negre	FR1, FR2	Blau fosc	-	-	-	-
	F2, F3,F4	Blau fosc	FR3	Blau	-	-	-	-
	F5	Transparent	FR4	Gris	-	-	-	-
6 (VI)	F1	Blau	FR 1	Verd	-	-	-	-
	F2	Negre	FR2,FR3,FR4,FR5,FR6,FR7	Blau	-	-	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

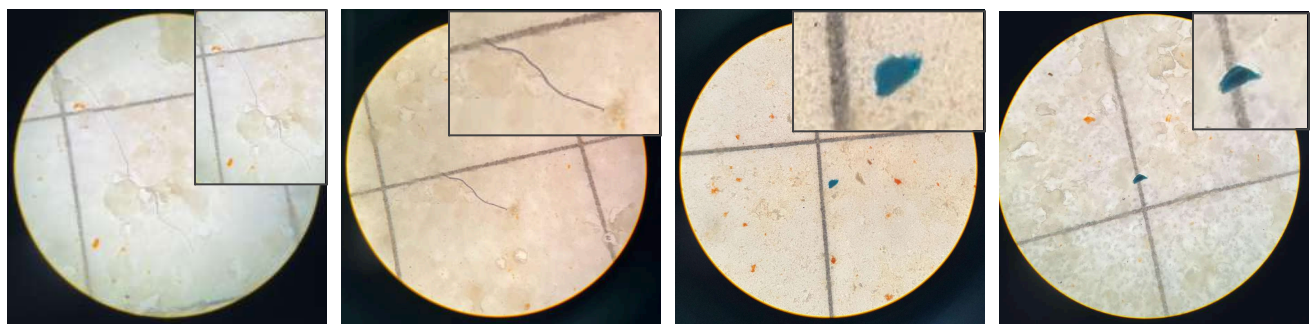
4.4.5.3 ANÀLISI PER IMATGES

Les imatges que es presenten tot seguit proporcionen més informació sobre les diferents tipologies de microplàstics identificats als filtres analitzats. En aquestes imatges, es poden observar les variacions en la mida, la forma i textura dels microplàstics, destacant-ne la diversitat.

Totes les fotografies mostren de manera precisa les observacions fetes amb el microscopi i la lupa binocular i s'exposen a l'estudi amb el seu codi identificatiu, i els colors respectius de cada microplàstic, així com ho expressen les taules del punt anterior. Els augments utilitzats durant la recerca de micropartícules al microscopi han estat 40X per les mostres més grans i 100X per les partícules més ínfimes. D'altra banda, els augments utilitzats a la lupa han estat 12X.

Tant les mostres de *Sardina pilchardus* sense microplàstics com les formes no reconegudes (NO REC) no s'han inclòs en aquest apartat amb motiu de donar importància a les dades rellevants de l'estudi. S'ha organitzat d'aquesta manera.

Sardina pilchardus 1 (III)



F1, Transparent

F2, Blau

FR1, Blau

FR2, Blau

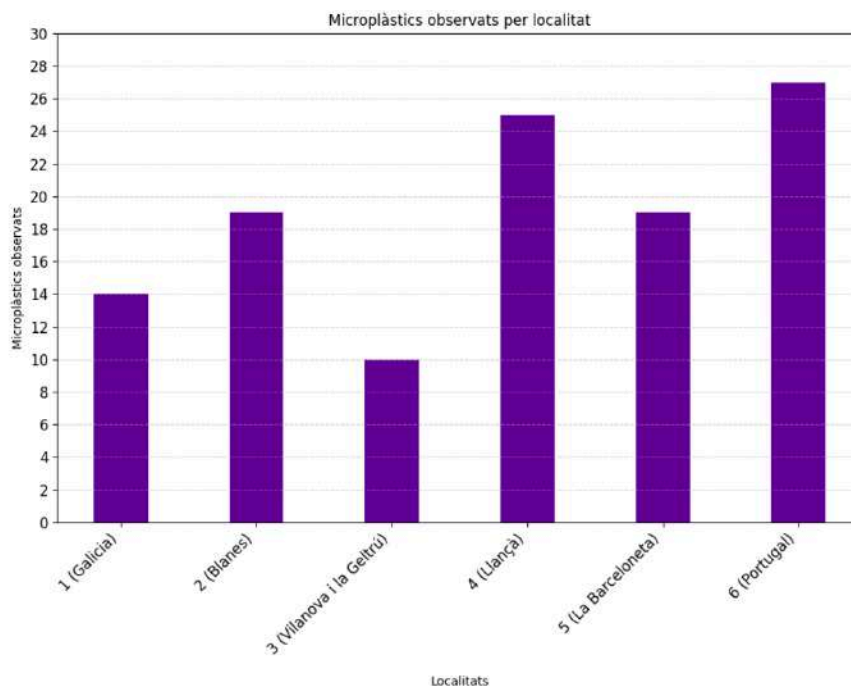
Les fotografies restants, fetes al microscopi, es poden observar a l'annex adjunt al treball (pàg. 95).

4.5 RESULTATS FINALS

4.5.1 ANÀLISI GRÀFICA

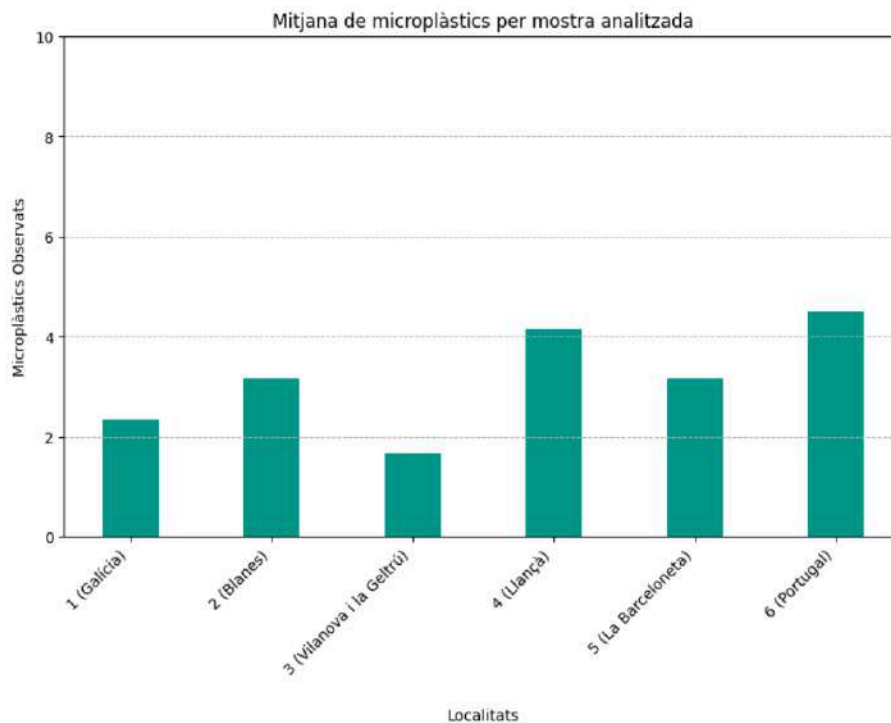
Amb l'objectiu de facilitar la interpretació dels resultats, s'ha decidit representar-los en forma de gràfics, oferint una il·lustració visual que permet comprendre les tendències i les relacions observades durant l'anàlisi.

Les observacions de l'estudi estableixen les localitats de Portugal i Llança com les zones amb més microplàstics en les espècies de *Sardina pilchardus* analitzades. Amb un total de més de 20 exemplars d'aquestes partícules esdevenen les localitats amb la concentració més elevada de microplàstics detectada entre totes les àrees estudiades (Gràfic 1).



Gràfic 1. Nombre de microplàstics observats en cada localitat durant l'anàlisi.

Concretament, a la localitat de Portugal s'ha registrat una mitjana de 4,5 microplàstics per mostra, mentre que Llançà ha mostrat una mitjana lleugerament inferior, de 4,17 partícules per peix. Aquestes dades contrasten fortament amb altres localitats del litoral Català com la Costa del Garraf, on s'ha establert una mitjana d'1,7 microplàstics per peix, i l'àrea del mar cantàbric, on Galícia també ha presentat una mitjana certament inferior a la resta, comprenent un total de 2,33 microplàstics per rèplica (Gràfic 2).

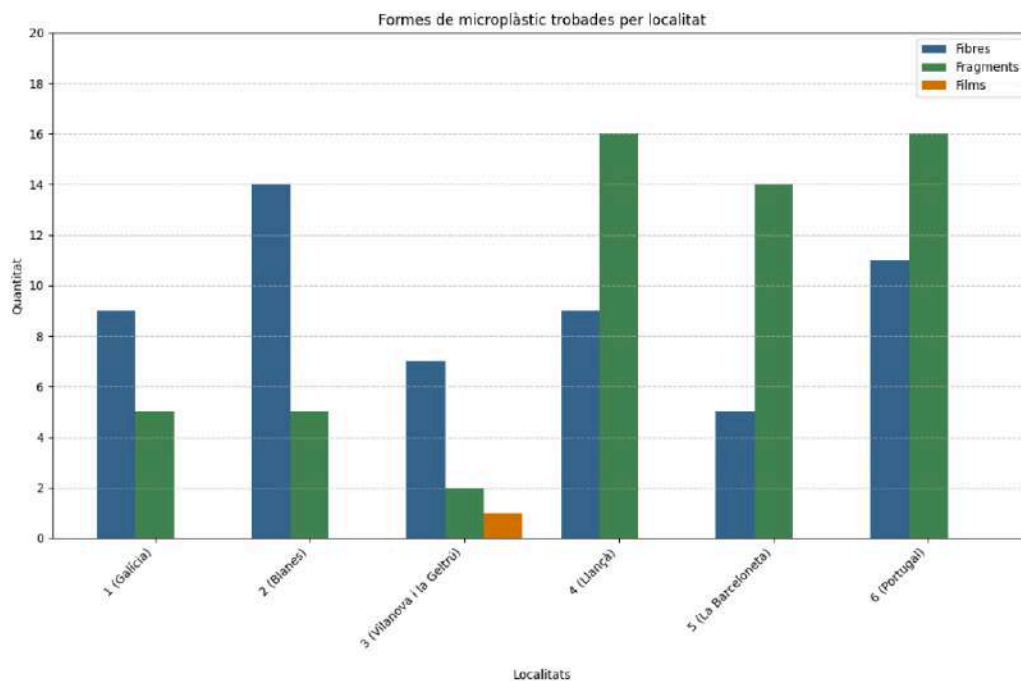


Gràfic 2. Mitjana de microplàstics per mostra analitzada.

A més, les localitats de Portugal i Llançà representen el 55,2% del total dels fragments de microplàstics observats, amb un total de 16 exemplars registrats entre les 6 rèpliques de *Sardina pilchardus*. Del 44,8% restant, el 24,14% dels fragments trobats corresponen a la Barceloneta, i només el 20,66% es divideix en les tres localitats de Galícia, Blanes i Vilanova i la Geltrú (gràfic 3).

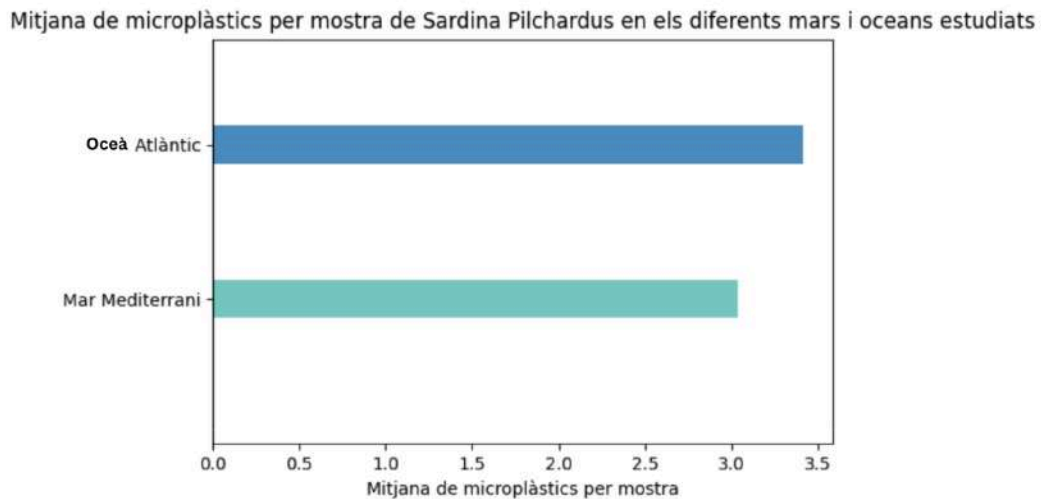
Les fibres de microplàstics també han estat presents en totes les localitats, però per sobre de tot al mar de Blanes, amb una abundància del 25,45%, respecte del total. A les mostres de Portugal s'hi ha concentrat el 20% de les fibres, seguit de Galícia, Llançà, Vilanova i la Geltrú i la Barceloneta. Aquesta última localitat només representa el 9,09% del total de les fibres trobades (Gràfic 3).

De totes les localitats buscades, només s'ha trobat microplàstics en forma de pel·lícules o films a la costa del Garraf, concretament a Vilanova i la Geltrú (Gràfic 3).



Gràfic 3. Formes de microplàstic analitzades en les 6 localitats estudiades.

Així mateix, s'ha pogut definir una mitjana de microplàstics per mostra depenent del mar on residien (Gràfic 4). Es pot observar que les espècies provinents de l'Oceà Atlàntic contenen, de mitjana, més microplàstics que el del mar Mediterrani.



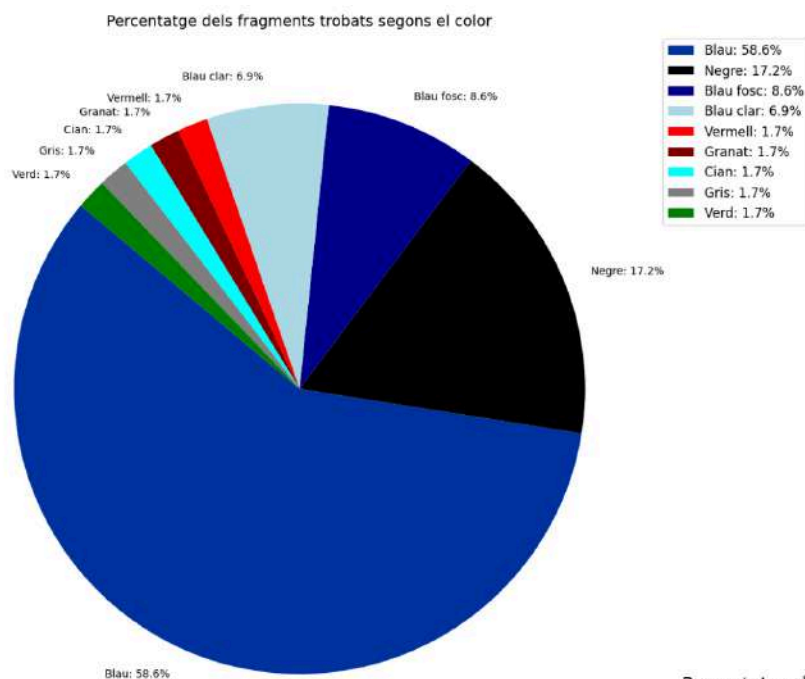
Gràfic 4. Mitjana de microplàstics per mostra de *Sardina pilchardus* estudiades.

Així com descriu la part teòrica, els microplàstics poden ser d'una gran diversitat de colors depenent del seu origen. En l'estudi dut a terme, també hi ha hagut manifestació de molts colors, els quals s'han unificat en els gràfics 5, 6 i 7.

Els colors més freqüents de les fibres han estat el blau i el transparent, tot i que també hi ha un gran pes en les fibres de color negre. També s'ha detectat en una proporció menor els colors vermells i marró (Gràfic 6).

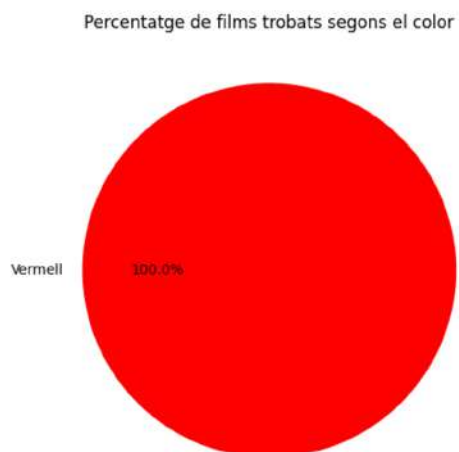
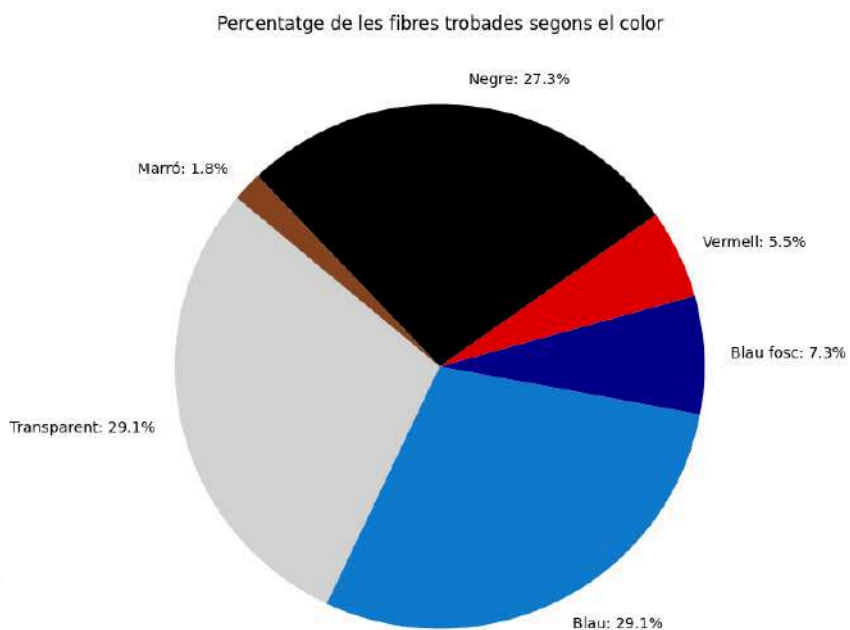
Per altra banda, el color blau és el color predominant en els fragments, amb més del 74,1% de les mostres analitzades. Per concretar més els resultats s'ha dividit aquest blau en diferents tonalitats. El negre també continua estant present, però sorgeixen colors nous com el verd, el gris, el cian i el granat, els quals no consten en les altres formes de microplàstics (Gràfic 5).

L'únic film trobat ha estat de color vermell (Gràfic 7).



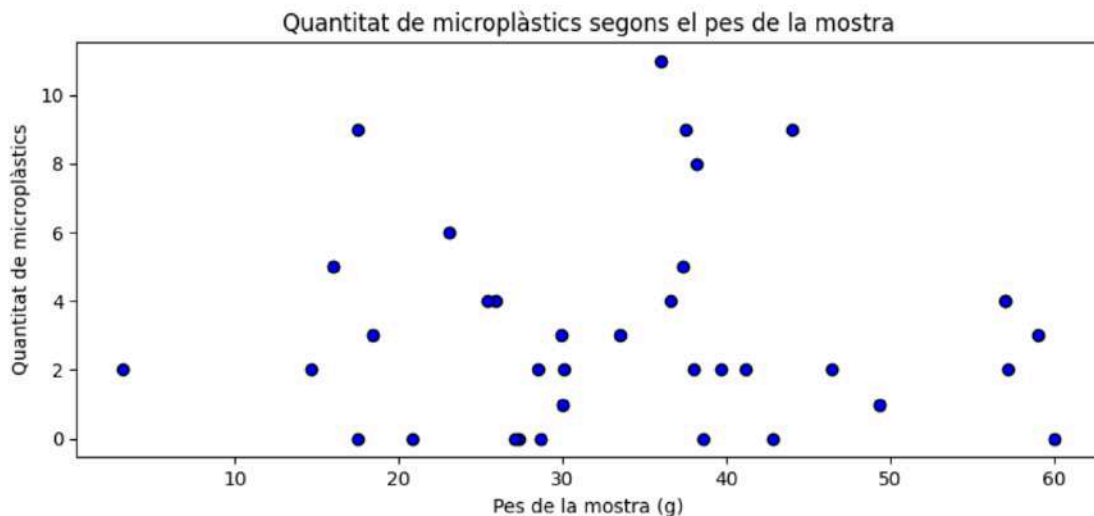
Gràfic 5. Percentatge de fragments trobats segons el color.

Gràfic 6. Percentatge de fibres trobades segons el color.

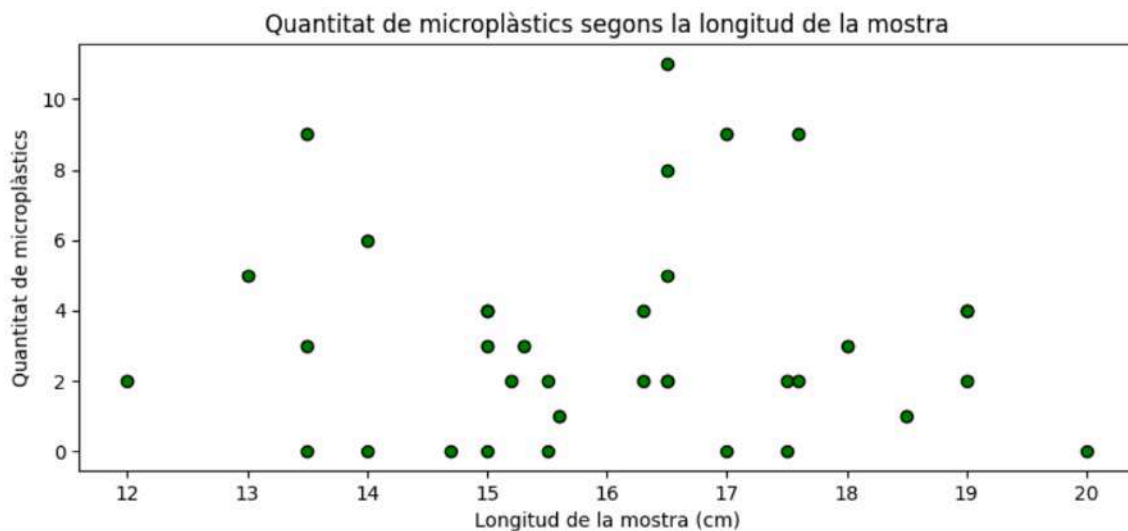


Gràfic 7. Percentatge de films trobats segons el color.

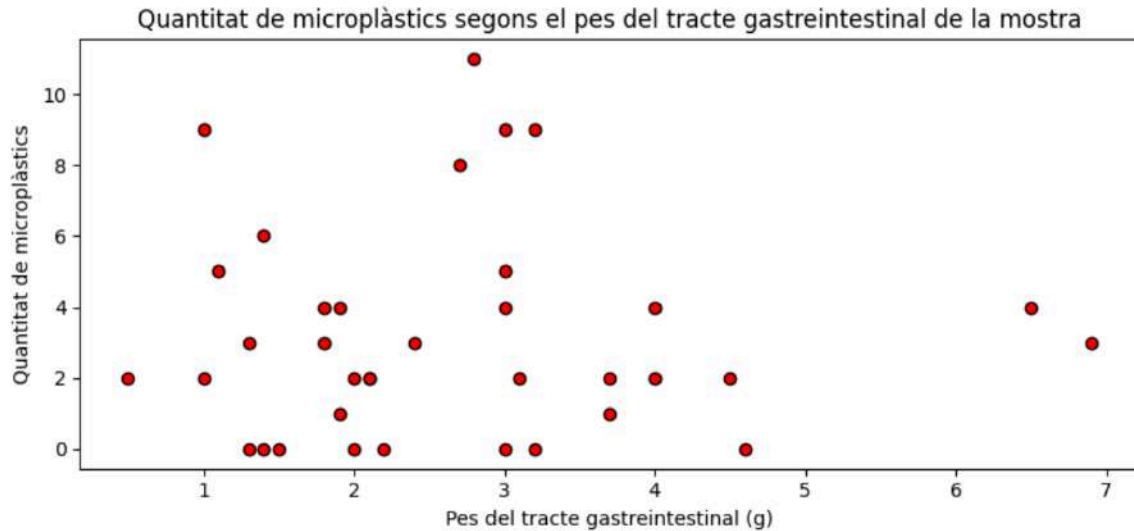
L'estudi també s'ha encarat en la validació de les hipòtesis prèviament plantejades i, per tant, una d'elles contemplava la possibilitat que hi hagués una relació directa entre el pes de la mostra de *Sardina pilchardus*, la llargada i el pes del tracte gastrointestinal i la quantitat de microplàstics per exemplar de peix. Els gràfics 7, 8 i 9 evidencien el fet que no hi ha cap relació directa entre les característiques morfològiques de la *Sardina pilchardus* amb el nombre de microplàstics que conté.



Gràfic 8. Relació entre el pes de la mostra i la quantitat de microplàstics al seu tracte gastrointestinal.



Gràfic 9. Relació entre la longitud de la mostra i la quantitat de microplàstics al seu tracte gastrointestinal.



Gràfic 10. Relació entre el pes del tracte gastrointestinal de la mostra i la quantitat de microplàstics al seu tracte gastrointestinal.

En última instància s'ha volgut representar geogràficament les localitats estudiades segons la seva concentració de microplàstics per mostra de *Sardina pilchardus* (Fig. 22).

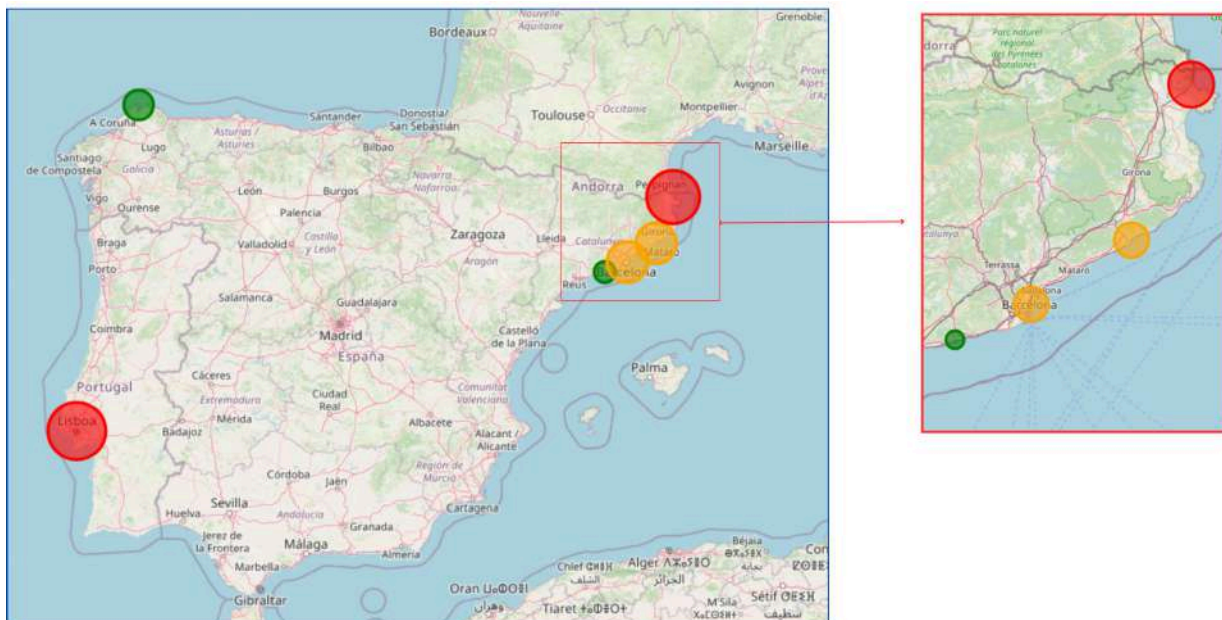


Figura 22. Representació geogràfica de les localitats estudiades de la península Ibèrica segons la quantitat de microplàstics trobats en les 36 mostres de *Sardina pilchardus* analitzades. En vermell, les

localitats més contaminades per microplàstics, en groc les localitats notablement contaminades i, en verd, les localitats amb menys microplàstics.

5. CONCLUSIONS

En finalitzar l'anàlisi, ja puc establir una relació final entre els objectius establerts i les hipòtesis suggerides a l'inici del projecte amb els resultats obtinguts.

En termes d'objectius, puc assegurar haver-los assolit tots de manera excel·lent. D'aquesta manera, he pogut implementar el meu coneixement sobre la problemàtica dels microplàstics i els seus efectes a la vida marina i humana. A més, l'estudi que m'havia proposat a fer ha estat finalment possible i m'ha permès establir una comparació fructífera i una avaluació de les diferents formes dels plàstics.

Pel que fa a les hipòtesis inicials, seguidament, s'hi mostren seguides d'una petita discussió o debat sobre cada una.

Hipòtesi 1: Una minoria de les mostres de *Sardina pilchardus* contindran microplàstics al seu tracte gastrointestinal.

Aquesta primera hipòtesi és falsa. Els estudis han demostrat que només 8 de les 36 mostres de *Sardina pilchardus* analitzades no presenten microplàstics al seu tracte gastrointestinal.

Això implica que el 77,78% de les mostres examinades han ingerit microplàstics, cosa que afirma que la presència d'aquestes micropartícules al medi marí és molt més preocupant del que es preveia, afectant, àmpliament, la fauna marina, independentment de la seva ubicació geogràfica.

La majoria d'estudis, fins ara, s'havien centrat a determinar les conseqüències superficials de la contaminació per plàstics, però els resultats del projecte realitzat, mostren que aquest afer va més enllà d'un paisatge desagradable. Avui dia, la possibilitat que aquestes partícules siguin ingerides pels peixos ja és un fet innegable. No només els resultats d'aquest estudi demostren que hi ha microplàstics en la majoria dels peixos al mar, sinó que els gràfics 3, 5, 6 i 7 evidencien que aquestes micropartícules provenen de fonts diverses i presenten una gran varietat de formes i colors.

Aquest fet ens fa pensar que la contaminació per microplàstics és més extensa i complexa del que inicialment es podria haver cregut. La varietat d'orígens, formes i composicions suggereix que aquestes partícules no provenen només de fonts específiques, sinó que es distribueixen de manera global. Això implica un increment dels efectes tòxics en les espècies marines de tot el món com ara l'estrès oxidatiu, la neurotoxicitat, i altres alteracions metabòliques que poden afectar el creixement i la supervivència de les sardines.

A més, la ingesta de microplàstics no només afecta la salut dels peixos sinó que també planteja un greu problema per a la salut humana. Així doncs, la contaminació per microplàstics en espècies de peix, com la sardina, pot conduir a la biomagnificació d'aquests contaminants al llarg de la cadena alimentària i ser els protagonistes de diverses conseqüències pels humans, tal com demostra l'estudi de *Bhuyan* (2022) sobre els efectes dels microplàstics en els peixos i en la salut humana.

Per tant, l'estudi de *Forte et al.* (2016) sobre els efectes de nanopartícules de poliestirè en cèl·lules d'adenocarcinoma gàstric humà tenia un propòsit totalment comprensible i necessari. No va ser un estudi realitzat a l'atzar, sinó que responia a una realitat cada cop més palpable.

Actualment, la situació és crítica i les possibles solucions es redueixen progressivament. El fet que els microplàstics hagin aconseguit ocupar una extensió de

1.300 milions de metres cúbics, equivalent al 70% de la superfície del planeta, ens porta a una conclusió inevitable: si no s'actua immediatament, el món acabarà infestat per aquestes partícules. Aquesta realitat planteja un escenari preocupant per al futur dels nostres ecosistemes, on la presència de microplàstics podria convertir-se en un problema irreversible.

Hipòtesi 2: La concentració de microplàstics serà més elevada en les sardines provinents del mar Mediterrani en comparació amb les sardines de l'oceà Atlàntic.

Aquesta segona hipòtesi és falsa. Els resultats mostren una petita diferència entre la mitjana de microplàstics trobats a cada mar, situant l'oceà Atlàntic com la regió amb més microplàstics per mostra, amb un total de 3,42 microplàstics per sardina, així com ho demostra el gràfic 4.

A més, segons el gràfic 1, es destaca que les dues localitats que destaquen per contaminació són Llançà, al Mediterrani, i Portugal, a l'Atlàntic, amb una diferència de només 2 microplàstics; Llançà presenta un total de 25 microplàstics i Portugal n'enregistra 27. Tot i que la mitjana de microplàstics per mostra és lleugerament superior en les sardines de l'Atlàntic, cal subratllar que aquesta mitjana es veu influïda, principalment, per les mostres de Portugal, ja que Galícia és la segona localitat que comprèn les concentracions de microplàstics més baixes, tal com mostra el gràfic 2.

El fet que la concentració de microplàstics per mostra sigui major a l'Atlàntic es pot deure a la diferència quantitativa dels països que aboquen residus plàstics en aquest oceà i els que ho fan al mar Mediterrani. Cada any, s'estima que s'aboquen, aproximadament, 8 milions de tones de plàstics a l'Oceà Atlàntic, mentre que al mar Mediterrani la xifra és d'1,3 milions de tones. Això significa que, tot i que el Mediterrani tingui una alta densitat de població i una intensa activitat turística, l'impacte global dels

residus plàstics és més gran a l'Atlàntic, on una major diversitat de països contribueixen a la contaminació.

De fet, només al Mediterrani, s'acumulen, anualment, al voltant de 130.000 tones de microplàstics, diu l'article *Sharma et al.* (2021). La quantitat de microplàstics acumulats fins ara en aquest mar, representen el 7% dels microplàstics globals, una xifra menor a la de l'Oceà Atlàntic, però significativament preocupant si tenim en compte les dimensions del Mediterrani.

Per altra banda, si ens centrem en les prediccions de l'estudi de *World Economic Forum*, es preveu que l'any 2050 s'estima que els ecosistemes marins contindran més plàstics que peixos. Això fa que es desviï la hipòtesi feta, ja que, en futur estudis, no serà rellevant la comparació de quantitats de microplàstics entre diferents masses d'aigua, sinó la comparació d'aquesta quantitat amb el nombre d'espècies marines que habitin en cada mar.

Hipòtesi 3: Les sardines de zones costaneres de Catalunya amb més activitat industrial o turística tindran més microplàstics.

Aquesta tercera hipòtesi és falsa. Les dades finalment obtingudes il·lustrades al gràfic 1 refuten aquesta hipòtesi, establint com a zones més contaminades Llançà i Blanes, amb un total de 25 i 19 microplàstics trobats respectivament. Aquesta quantitat total, també, permet concloure que la concentració de microplàstics per mostra de *Sardina pilchardus* és superior a les dues localitats mencionades respecte a la resta de punts del litoral Català, les quals mantenen concentracions de 4,17 i 3,17 microplàstics per mostra respectivament i així ho demostra el gràfic 2.

Això ens fa pensar que, tot i que hi hagi zones amb més indústries que d'altres, no existeix una relació directa amb la quantitat de microplàstics d'aquella localitat, ja que

els microplàstics no romanen al lloc on s'han abocat, sinó que es mouen per tota la superfície marina seguint una trajectòria portada pels corrents marins. De totes maneres, el mapa geogràfic representat a la figura 22 mostra que les localitats amb més indústria a Catalunya, com ho seria el cas de Tarragona i Barcelona, també esdevenen punts certament contaminats per aquestes micropartícules de plàstic, és a dir, el fet de pensar que les aigües d'aquestes localitats són netes seria un gran malentès.

Si recuperem l'estudi de *William P. de Haan et al. (2022)*, veiem que la concentració de microplàstics al litoral català varia segons l'època de l'any. De nou, un fet relacionat amb els corrents marins, uns moviments que depenen de la temperatura de l'aigua, els vents, la pressió atmosfèrica... Tot i que els resultats de l'estudi fet l'any 2022 demostrin que en èpoques d'estiu les concentracions de microplàstics tendeixen a ser més elevades, no es pot fer una comparació detallada amb els resultats, perquè la data del meu estudi es va fer en mesos diferents.

Fins ara, nombrosos articles afirmaven que Llançà era una de les zones amb aigües més lliures de contaminació i, per contra, que les aigües de Barcelona i Tarragona estaven minades d'aquests materials sintètics. Per donar suport, el 2 d'agost d'enguany, el telenotícies TV3, inicia el programa mencionant que onze empreses del polígon industrial de Tarragona, són responsables de l'abocament de pèl·lets de plàstic al litoral de la localitat.

Els resultats d'aquest estudi, però, no diuen el mateix. Segurament, si l'estudi s'hagués fet amb un major nombre de sardines per localitat, les dades permetrien contrarestar o donar suport a molts més estudis i notícies com aquestes.

Hipòtesi 4: Existeix una relació directa entre la mida de la *Sardina pilchardus* i la quantitat de microplàstics al seu tracte gastrointestinal.

Aquesta tercera hipòtesi és falsa. Els resultats obtinguts no mostren cap indicatiu que existeixi una relació directament proporcional entre els aspectes fisiològics i morfològics del peix analitzat amb la quantitat de microplàstics que conté al seu intestí.

Els gràfics 8, 9 i 10, permeten afirmar que la quantitat de microplàstics ingerits és un factor atzarós i que no depèn de les característiques del peix en si, sinó que aquesta quantitat dependrà de la contaminació per plàstic del lloc on habiti l'exemplar de *Sardina pilchardus*. És a dir, les sardines que convisquin en una zona més contaminada, ingeriran més micropartícules de plàstic, independentment de la seva capacitat per engolir.

D'aquesta manera, es pot afirmar que qualsevol organisme està exposat a la ingestió de microplàstics, ja que ja han pres el seu paper dins de la xarxa tròfica. En efecte, els que més en patiran les conseqüències, seran els organismes més petits, pel fet que una petita dosi d'aquest material podria provocar una saturació intestinal. Això impediria la digestió del contingut, provocant a l'espècie que no pugui alimentar-se de la matèria orgànica principalment necessària per viure.

En molts casos, això podria suposar l'extinció de determinades espècies marines com les tortugues marines, les balenes i organismes com els esculls de corall. Amb més detall, cada any, moren al voltant d'1 milió d'animals marins a causa dels residus plàstics a l'oceà, determina l'estudi dut a terme per la UNESCO.

6. EPÍLEG

L'experiència que m'ha ofert la realització d'aquest treball de recerca ha estat enriquidora. Tant en l'àmbit personal com en l'àmbit acadèmic, he pogut adquirir nous coneixements, sobretot en relació amb el món dels plàstics i l'amenaça que representen actualment als ecosistemes marins i la salut humana.

Des del principi, aquest projecte ha suposat un repte personal, pel fet que m'enfrontava a un estudi complex que requeria una gran quantitat de documentació científica, i un metòdic procediment pràctic.

Alguns dels obstacles que han dificultat el seguiment del treball han estat, en primer lloc, la compra de sardines, pel fet que en moltes peixateries, no s'especificava la procedència de la mostra. Així doncs, vaig haver de desplaçar-me fins a Barcelona per poder completar les mostres del meu estudi. Un dels altres contratemps va ser provocat per la falta d'aigua oxigenada necessària durant el procediment. El nivell de concentració que necessitava només es podia aconseguir a distribuïdors de material de laboratori específic. Per últim, el temps de filtració de les mostres, va actuar d'alentidor del procés allargant l'estada al laboratori fins a tres setmanes.

Malgrat aquestes dificultats, l'esforç i la dedicació han valgut la pena, ja que he pogut assolir els objectius proposats i he pogut obtenir uns resultats que considero rellevants per a la comunitat científica.

Finalment, vull agrair a la Xènia Frigola Tepe del departament de biologia de la *Universitat de Girona* pel seu suport i orientació en el treball. També, voldria donar les gràcies al meu tutor, en Quim Cullerell, per la seva dedicació en el treball i pel seu suport incondicional al llarg d'aquest projecte. Per acabar, dono les gràcies a la meua família, la qual sempre ha estat al meu costat, oferint-me el seu suport i ànims en tot moment, fent possible que pogués assolir aquest repte.

7. FONTS D'INFORMACIÓ

7.1 BIBLIOGRAFIA

BERGMANN, Melanie; GUTOW, Lars; KLAGES, Michael (Eds.). «Marine Anthropogenic Litter». Springer, 2015.

BHUYAN, M. S. «Effects of Microplastics on Fish and in Human Health». *Frontiers in Environmental Science*, 2022.

CEDRE, TRANSPORT CANADA. «Understanding Chemical Pollution at Sea. Learning Guide». Cedre, Brest, 2012, ISBN: 978-2-87893-106-8.

DE SÁ, L. C.; OLIVEIRA, M.; RIBEIRO, F.; ROCHA, T. L.; FUTTER, M. N. «Studies of the Effects of Microplastics on Aquatic Organisms: What Do We Know and Where Should We Focus Our Efforts in the Future?». *Science of The Total Environment*, 2018.

GENERALITAT DE CATALUNYA. «Microplàstics i nanoplàstics en la cadena alimentària. Situació actual». Informe tècnic, novembre 2019.

GREENPEACE ESPAÑA. «Plásticos en los océanos: datos, comparativas e impactos». Informe técnico, 2016. Disponible en:

HAAN, W. P.; UVIEDO, O.; BALLESTEROS, M., et al. «Floating Microplastic Loads in the Nearshore Revealed Through Citizen Science». *Environmental Research Letters*, 2022.

KANE, I. A.; CLARE, M. A.; MIRAMONTES, E.; WOGELIUS, R.; ROTHWELL, J. J.; GARREAU, P.; POHL, F. «Seafloor Microplastic Hotspots Controlled by Deep-Sea Circulation». *Science*, 2020.

LESLIE, H. A.; VAN VELZEN, M. J. M.; BRANDSMA, S. H.; VETHAAK, A. D.; GARCIA-VALLEJO, J. J.; LAMOREE, M. H. «Discovery and Quantification of Plastic Particle Pollution in Human Blood». *Environment International*, 2022.

LI, Y.; SUN, Y.; LI, J.; TANG, R.; MIU, Y.; MA, X. «Research on the Influence of Microplastics on Marine Life». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021.

RODRÍGUEZ-ROMEU, O. «Fishing Among Plastics: Micro-litter Ingestion in Demersal and Pelagic Fish Species from the NW Mediterranean Sea and Its Potential Impact on Health Condition». Universitat Autònoma de Barcelona, setembre 2022.

SHARMA, S.; SHARMA, V.; CHATTERJEE, S. «Microplastics in the Mediterranean Sea: Sources, Pollution Intensity, Sea Health, and Regulatory Policies». *Frontiers in Marine Science*, 2021.

UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. «Protocol de microplàstics». 2024.

7.2 WEBGRAFIA

BOTANICAL-ONLINE. *Types of Fish.*
<https://www.botanical-online.com/ca/animals/peixos-estudi> (27/08/2024).

CEDRE, TRANSPORT CANADA. *Understanding Chemical Pollution at Sea.*
https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf (21/06/2024).

CLEANHUB. *Top Ocean Pollutants.*
<https://www.cleanhub.com/the-top-6-ocean-pollutants> (19/08/2024).

CONSERVETURTLES. *Information on Sea Turtles & Threats from Marine Debris.*
<https://conserveturtles.org/information-sea-turtles-threats-marine-debris/#:~:text=The%20Problem%3A%20Over%201%20million,%26%20Figures%20on%20Marine%20Pollution> (13/10/2024).

DAVIDSON INSTITUTE. *Why Does It Take Plastic So Long to Break Down?*
<https://davidson.weizmann.ac.il/en/online/askexpert/why-does-it-take-plastic-so-long-break-down> (14/08/2024).

EDUCAREX. *Elements and Compounds.*
https://escholarium.educarex.es/useruploads/r/c/9860/scorm_imported/81422889766637756333/page_46.htm (22/06/2024).

ENCYCLOPÆDIA IBEROAMERICANA. *Types of Fish.*
<https://enciclopediaiberoamericana.com/peces/> (27/08/2024).

EUROPARL. *Plásticos en el Océano: Datos, Efectos y Nuevas Normas Europeas.*
<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20181005STO15110/plasticos-en-el-oceano-datos-efectos-y-nuevas-normas-europeas> (20/06/2024).

EUROPLAS. *All Types of Microplastics You Should Know.*
<https://europlas.com.vn/en-US/blog-1/all-types-of-microplastics-you-should-know>
(21/08/2024).

FISHIPEDIA. *Sardina Pilchardus Information.*
<https://www.fishipedia.es/pez/sardina-pilchardus> (27/08/2024).

FISHIPEDIA. *Species of Fish in the Mediterranean Sea.*
https://www.fishipedia.es/pez/native_regions/mer-mediterranee (22/08/2024).

FRONTIERS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE. *Impacte Microplàstics en la Salut Humana.*
<https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.827289/full> (26/08/2024).

FUTURE AGENDA. *Plastic Oceans Prediction 2050.*
<https://www.futureagenda.org/foresights/plastic-oceans/#:~:text=Industry%20experts%20expect%20that%20by,danger%20to%20the%20world's%20seas> (19/07/2024).

GENERALITAT DE CATALUNYA. *Micro and Nanoplastics Report.*
https://acsa.gencat.cat/web/.content/Publicacions/Informes-tecnics/comite_cientific_asessor/publis/nanoplastics/InformeCCA-micro_nanoplastics_05112019ac.pdf
(22/08/2024).

GREENHUB. *The Top 6 Ocean Pollutants.*
<https://blog.cleanhub.com/the-top-6-ocean-pollutants> (19/08/2024).

GREENPEACE. *Com Succeeix el Procés d'Extracció de Plàstic?*
[https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-o-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/](https://es.greenpeace.org/ca/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/) (22/06/2024).

INFINITIA RESEARCH. *Què és el Plàstic.*
<https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-plasticos-tipos-composicion-usos/>
(22/06/2024).

IOPSCIENCE. *Effects of Microplastics on Marine Life.*
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/631/1/012006/pdf> (27/08/2024).

MITECO. *Contaminants Emergents.*
<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/contaminantes-emergentes.html> (21/06/2024).

NAECO. *Història del Plàstic.* <https://naeco.com/es/actualidad/historia-del-plastico/>
(22/06/2024).

NATIONAL GEOGRAPHIC. *Principals Tipus de Contaminació als Mars i Oceans.*
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-marina> (28/07/2024).

PLASTIPEDIA. *How Is Plastic Made?*
<https://www.bpf.co.uk/plastipedia/how-is-plastic-made.aspx> (26/06/2024).

SARDINA PILCHARDUS. *Fish Presentation.*
<https://www.fishipedia.es/pez/sardina-pilchardus> (27/08/2024).

SCIENCE.ORG. *Microplastics in the Tyrrhenian Sea.*
<https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aba5899> (22/08/2024).

SEATEMPERATURE.ORG. *World Oceans and Seas Image.*
<https://www.seatemperature.org/oceans-seas> (28/08/2024).

SPRINGER. *Image of Microplastics: Blue Background.*
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61615-5_5/figures/1 (22/08/2024).

SUNRISE COLOUR. *What Are Plastic Additives?*
<https://sunrisecolour.com/what-are-plastic-additives-l-en?l=en> (26/06/2024).

TECNOLOGIA DE LOS PLÁSTICOS. *Polimerización.*
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/07/polimerizacion.html>
(26/06/2024).

UAB. *La UAB Troba Fibres Antropogèniques a les Gambes Vermelles que Són Inofensives.*
<https://www.uab.cat/web/sala-de-premsa/detall-de-noticia/els-microplastics-presents-a-l-es-gambes-no-afecten-la-seva-salut-ni-les-qualitats-per-al-consum-1345667174054.html?noticiaid=1345821920675> (13/06/2024).

UNEP. *Plastic Pollution*. <https://www.unep.org/plastic-pollution> (23/07/2024).

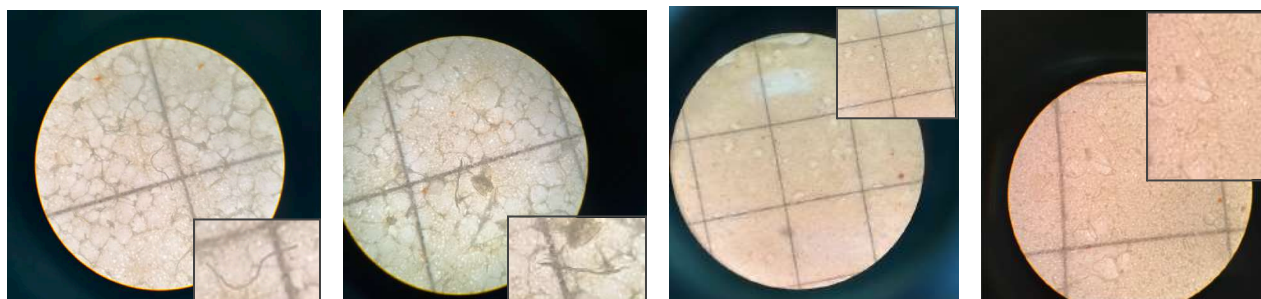
WIRED. *Para el 2050, los ecosistemas marinos tendrán más plástico que peces*. <https://es.wired.com/articulos/para-el-2050-los-ecosistemas-marinos-tendran-mas-plastico-que-peces-conservacion-internacional> (13/10/2024).

3CAT. *Onze empreses responsables de l'abocament de pellets de plàstic al litoral de Tarragona*.

<https://www.3cat.cat/3cat/onze-empreses-responsables-de-labocament-de-pellets-de-plastic-al-litoral-de-tarragona/video/6294825/> (13/10/2024).

8. ANNEX (ANÀLISI PER IMATGES)

***Sardina pilchardus* 1 (I)**



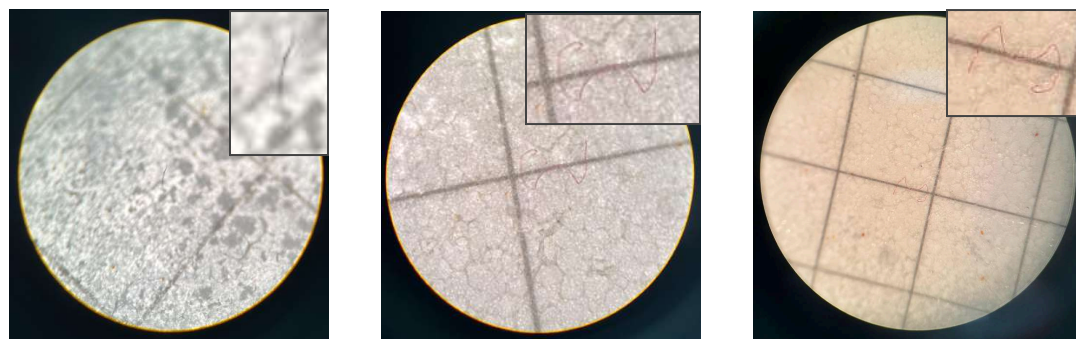
F1, Transparent

F2, Transparent

F3, Transparent

F3, Transparent

***Sardina pilchardus* 1 (II)**

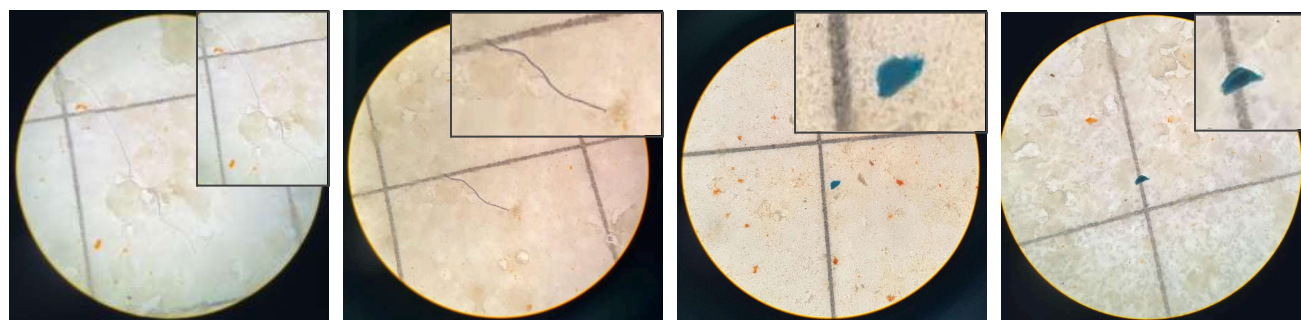


F1, Blau

F2, Vermell

F2, Vermell

***Sardina pilchardus* 1 (III)**



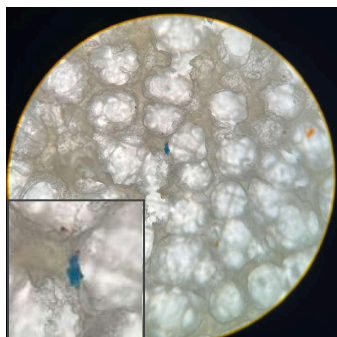
F1, Transparent

F2, Blau

FR1, Blau

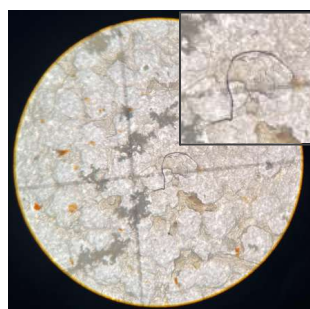
FR2, Blau

Sardina pilchardus 1 (IV)

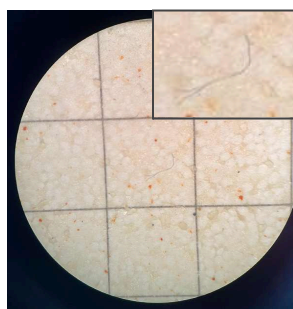


FR1, Blau

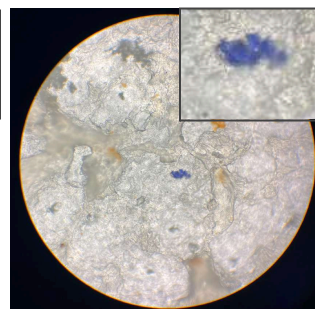
Sardina pilchardus 1 (VI)



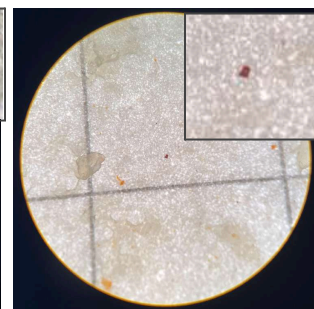
F1, Negre



F2, Negre

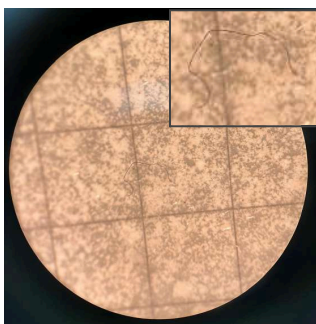


FR1, Blau

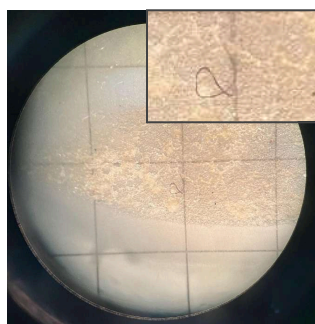


FR2, Vermell

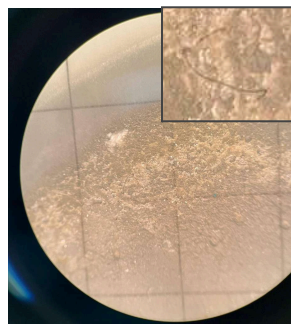
Sardina pilchardus 2 (I)



F1, Negre



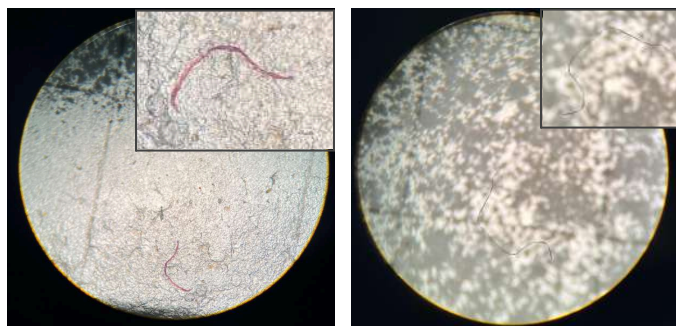
F2, Negre



F3, Negre



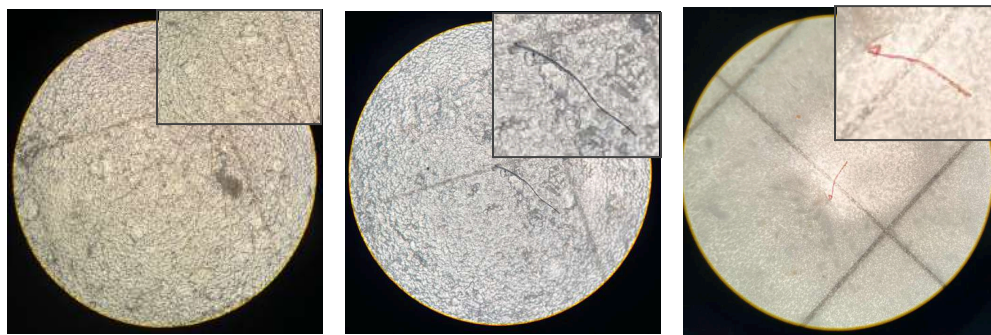
F4 i F5, Blaves



F6, Vermell

F1, Negre (ampliada)

Sardina pilchardus 2 (II)

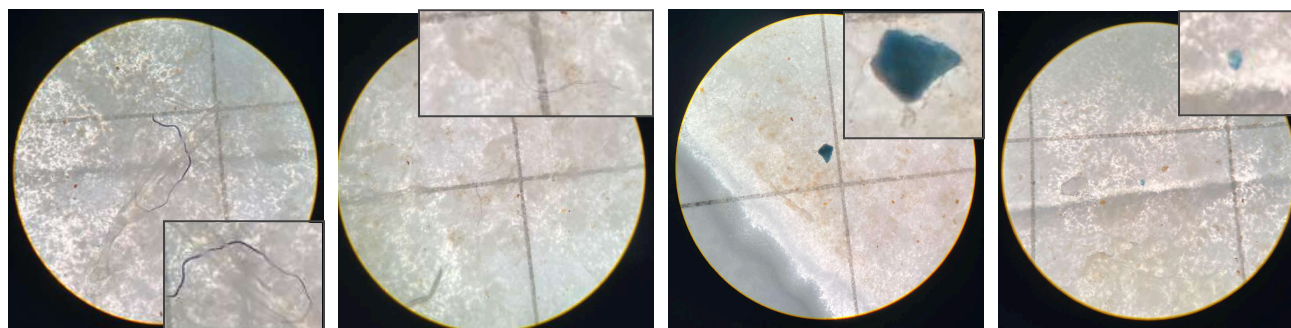


F1, Negre

F2, Blau

F3, Vermell

Sardina pilchardus 2 (III)



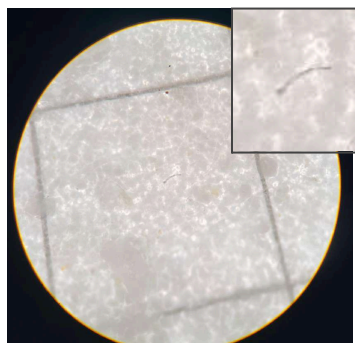
F1, Blau

F2, Blau

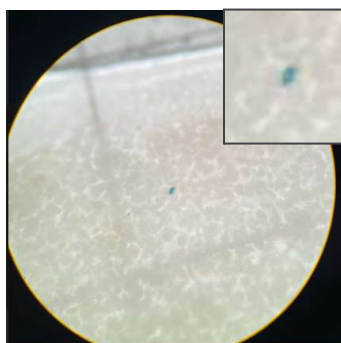
FR1, Blau

FR2, Blau clar

Sardina pilchardus 2 (IV)

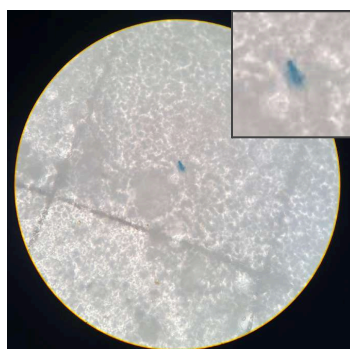


F1, Negre

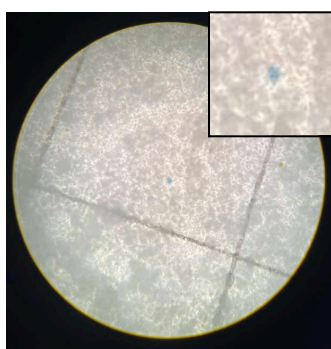


FR1, Blau clar

Sardina pilchardus 2 (V)

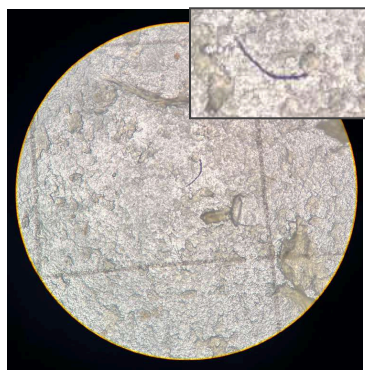


FR1, Blau clar

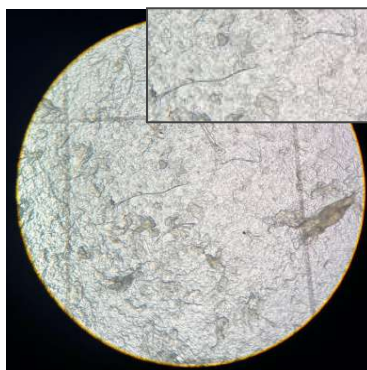


FR2, Blau clar

Sardina pilchardus 2 (VI)

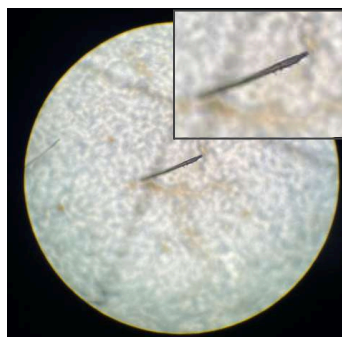


F1, Blau

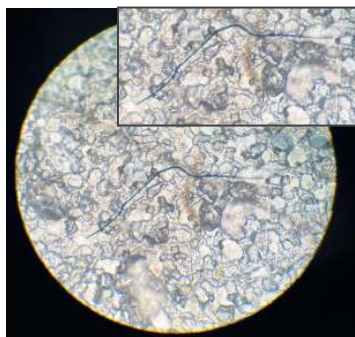


F2, Transparent

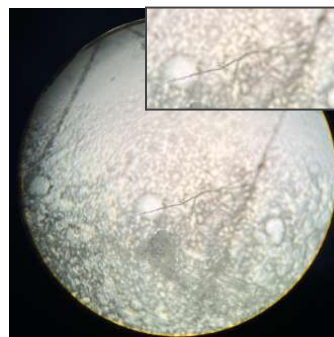
Sardina pilchardus 3 (I)



F1, Negre

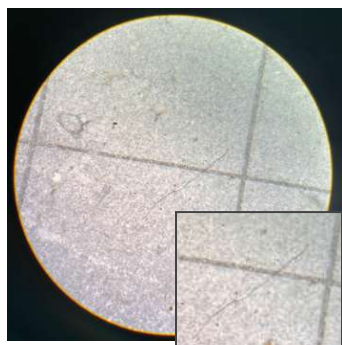


F2, Blau

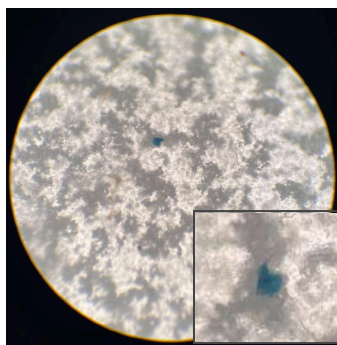


F3, Blau

Sardina pilchardus 3 (II)

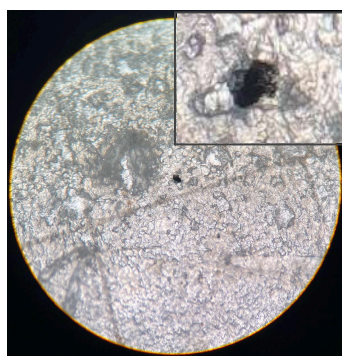


F1, Negre



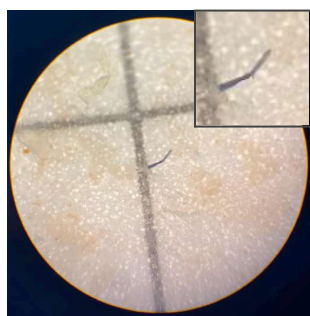
FR1, Blau

Sardina pilchardus 3 (IV)

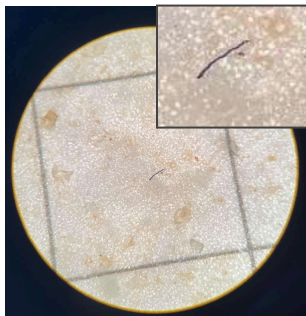


FR1, Negre

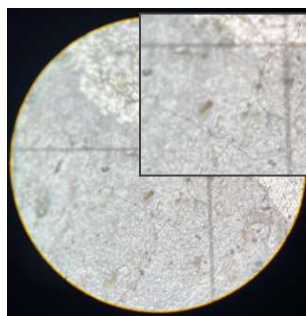
Sardina pilchardus 3 (VI)



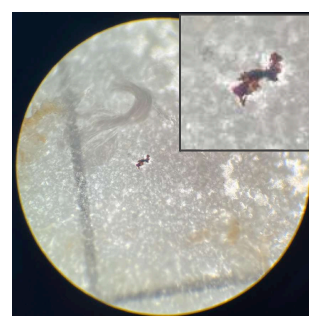
F1, Negre



F2, Blau

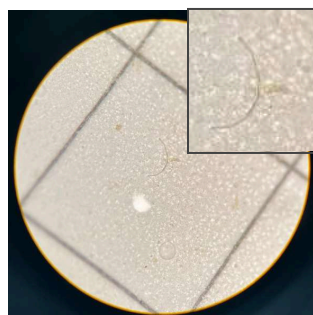


F3, Blau

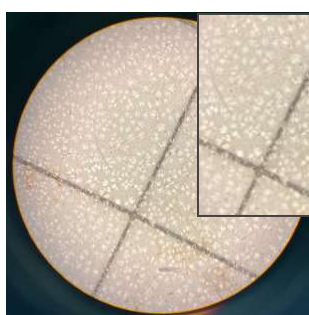


FL1, Vermell

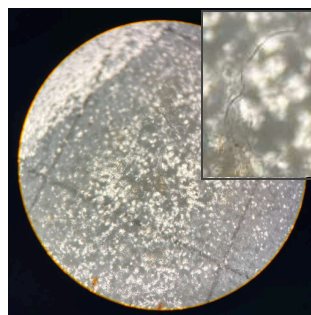
Sardina pilchardus 4 (II)



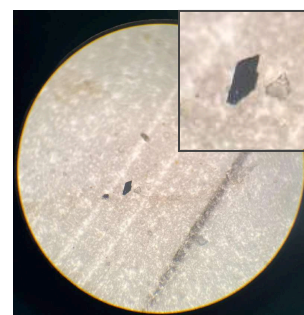
F1, Transparent



F2, Transparent

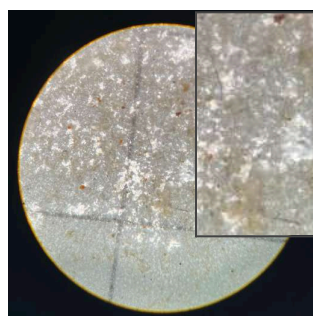


F3, Transparent

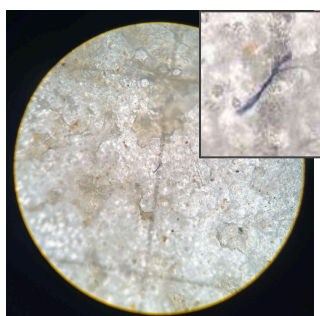


FR1, Negre

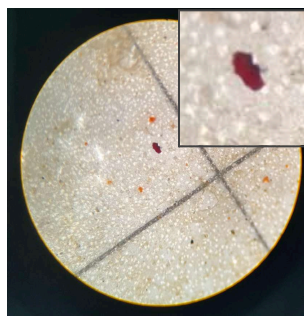
Sardina pilchardus 4 (III)



F1, Transparent

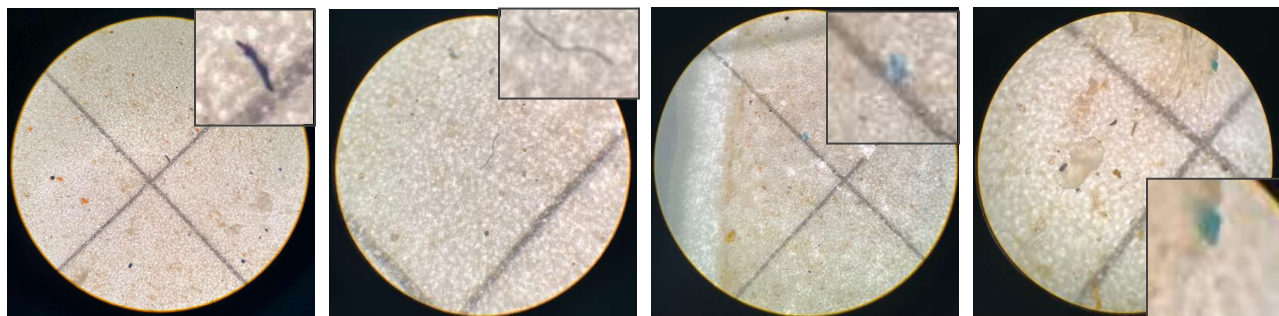


F2, Blau



FR1, Granat FR2, FR3, FR4, FR5, FR6

Sardina pilchardus 4 (V)

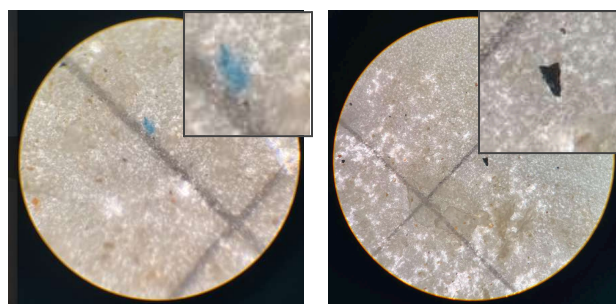


F1, Blau fosc

F2, Transparent

FR1, Blau

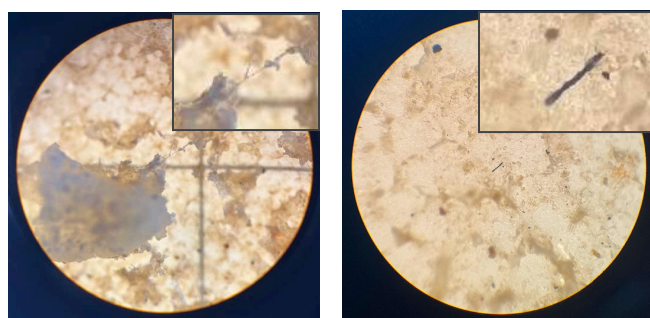
FR2, Blau



FR3, Blau

FR4,FR5,FR6,FR7, FR8 i FR9, Negre

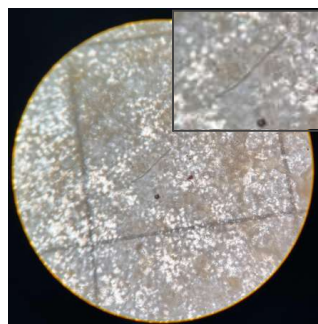
Sardina pilchardus 4 (VI)



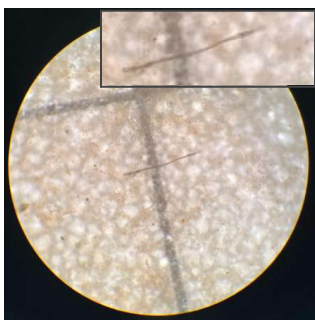
F1, Transparent

F2, Negre

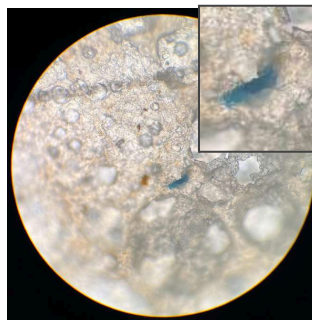
Sardina pilchardus 5 (II)



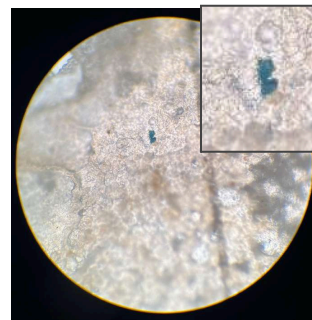
F1, Transparent



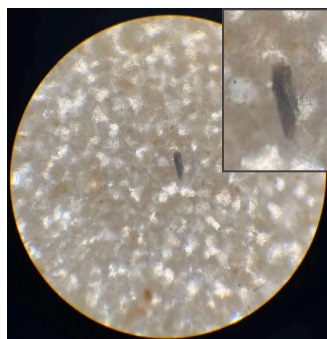
F2, Marró



FR1, Blau

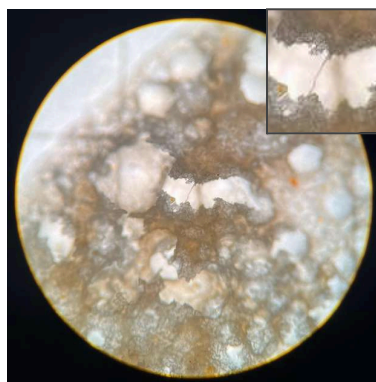


FR2, Blau

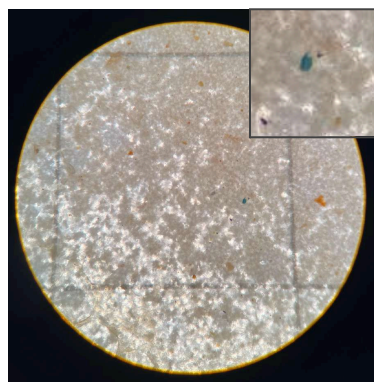


FR3, Negre

Sardina pilchardus 5 (III)

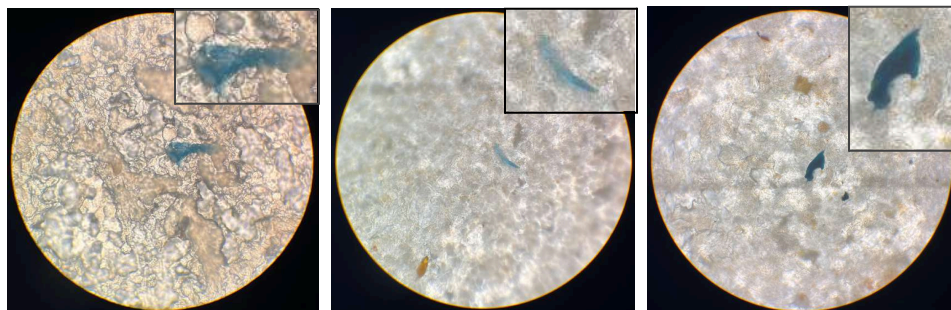


F1, Transparent



FR1, Blau

Sardina pilchardus 5 (IV)

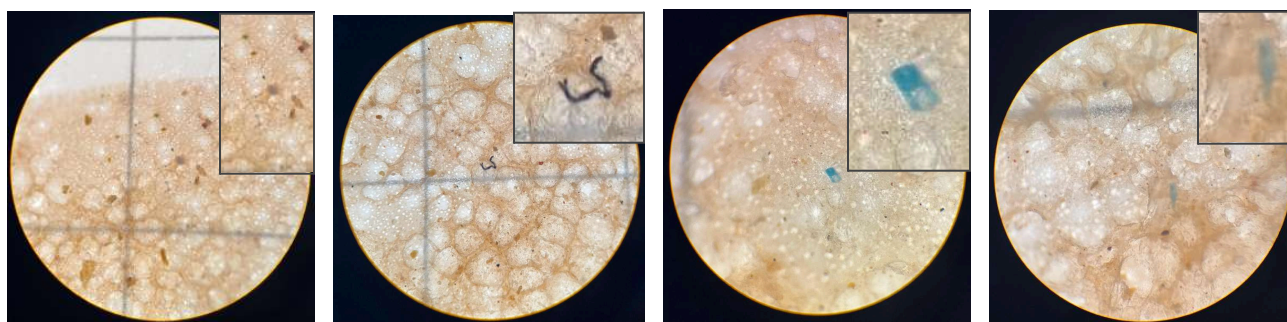


FR1, Blau

FR2, Blau

FR3, Blau fosc

Sardina pilchardus 5 (V)

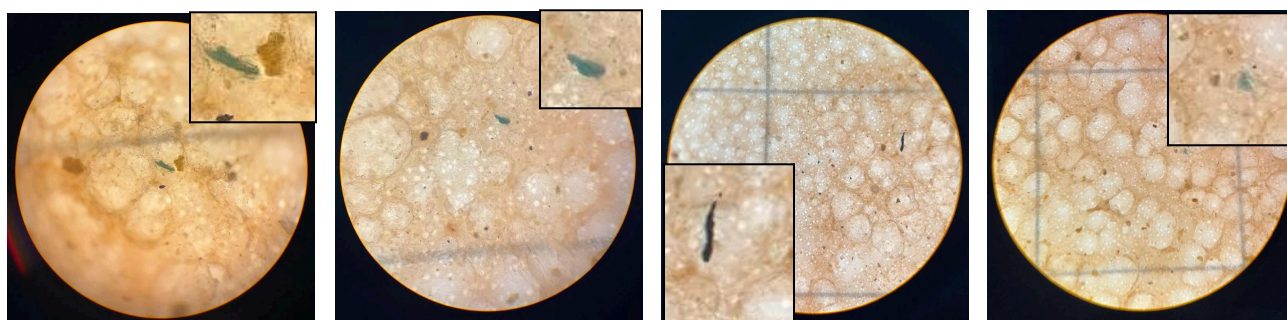


_F1, Transparent

F2, Negre

FR1, Blau

FR2, Blau



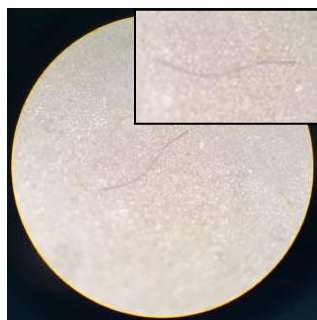
FR3, Blau i FR7, Negre

FR4, Blau

FR5, Blau

FR6, Blau

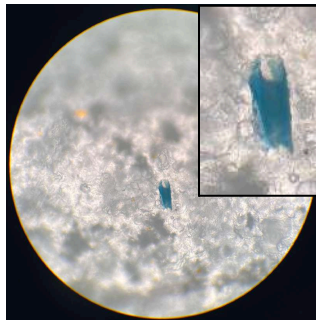
Sardina pilchardus 6 (I)



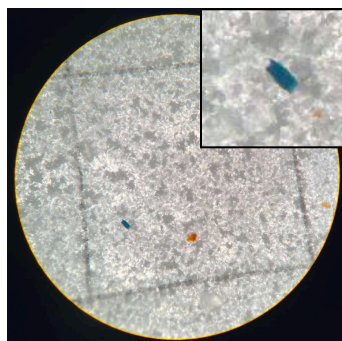
F1, Transparent



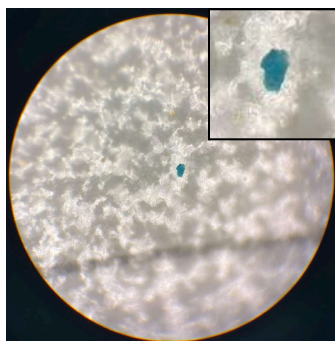
F2, Blau



FR1, Blau fosc

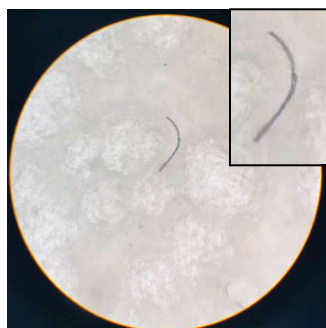


FR2, Blau fosc

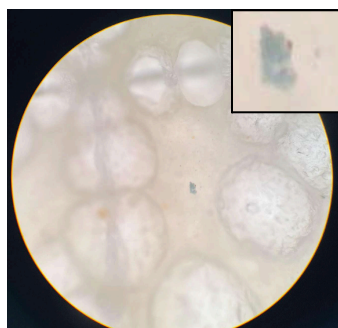


FR3, Blau

Sardina pilchardus 6 (II)

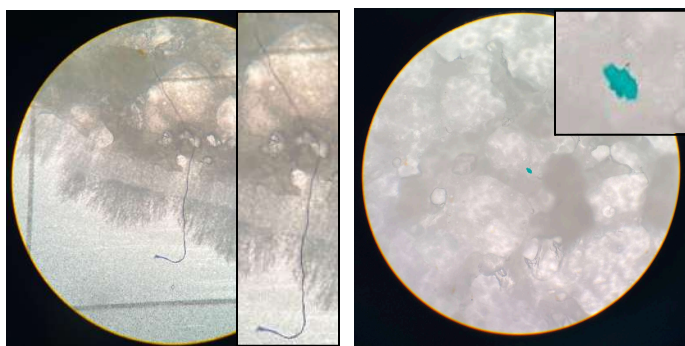


F1, Negre



FR1, Blau

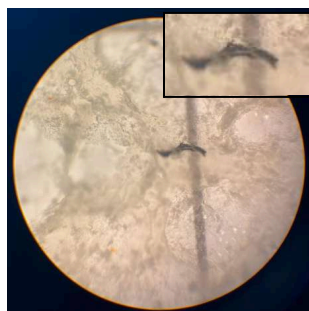
Sardina pilchardus 6 (III)



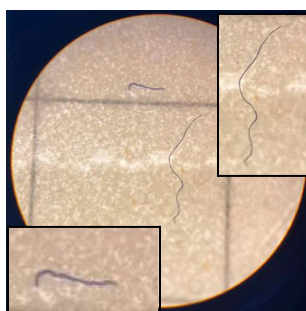
F1, Blau

FR1, Cian

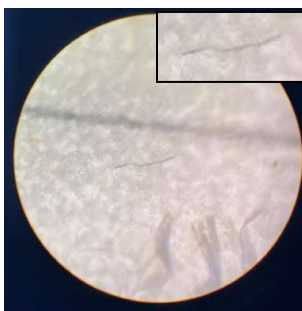
Sardina pilchardus 6 (V)



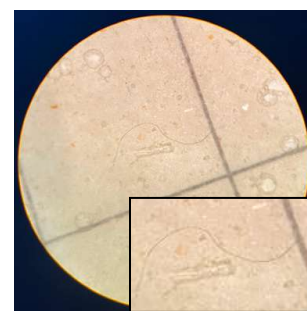
F1, Negre



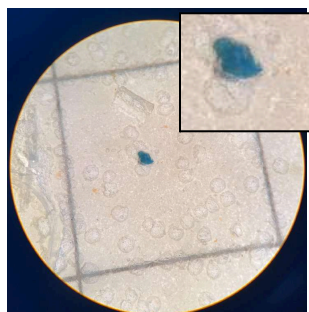
F2 F3, Blau fosc



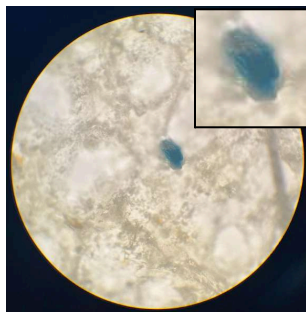
F4, Blau fosc



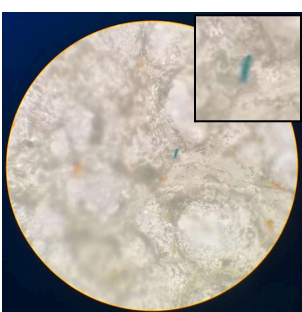
F5, Transparent



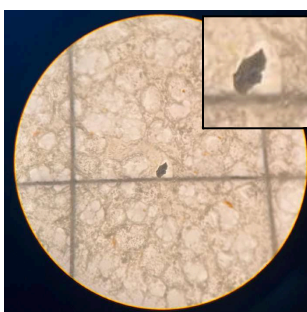
FR1, Blau fosc



FR2, Blau fosc



FR3, Blau

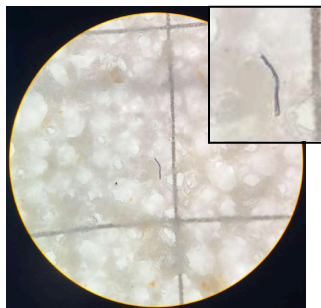


FR4, Gris

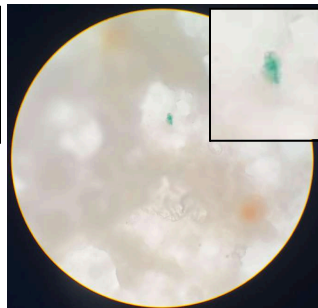
Sardina pilchardus 6 (VI)



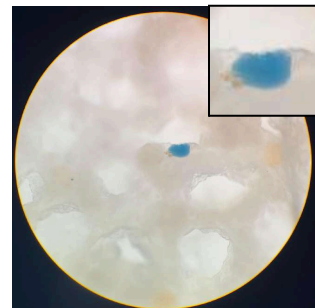
F1, Blau



F2, Negre



FR1, Verd



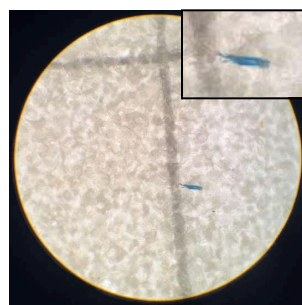
FR2, Blau



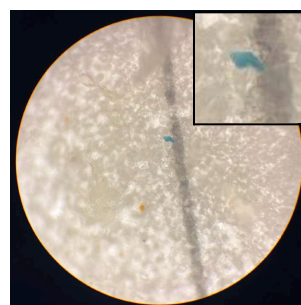
FR3, Blau



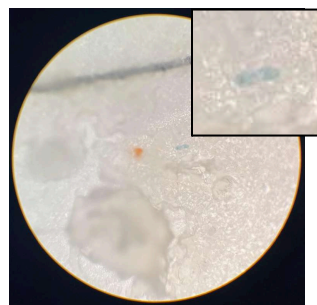
FR4, Blau



FR5, Blau



FR6, Blau



FR7, Blau