

The background of the entire page is a photograph of a rocky intertidal zone. In the center, a dark, spiny sea urchin is visible. The rocks are covered with various types of seaweed, including green and brown macroalgae, and smaller, colorful invertebrates. The water is shallow, creating reflections on the wet surfaces.

IMPACTE DELS MICROPLÀSTICS EN

Paracentrotus lividus

**Estudi de les platges i les garotes de
Roses**

MÒNICA MARTÍNEZ GONZÁLEZ

Tutora: Clara Panella

INS Cap Norfeu

Curs 2025/2026

AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat possible gràcies a moltes persones les quals vull agrair la seva amabilitat i col·laboració.

En primer lloc, vull donar les gràcies a la meva tutora, la Clara Panella, per la seva constància i interès en el treball, per ajudar-me en tot moment, per animar-me a continuar endavant i per donar-me idees i solucions, fins i tot, en els moments més complicats de la investigació.

Vull agrair a l'Albert Masmartí, en Lluís Martínez, la Núria Sagristà i en Jorge Diogene per permetre'm entrevistar-los i per transmetre'm els seus coneixements.

En especial, gràcies a l'equip de l'IRTA la Ràpita per compartir amb mi el protocol de detecció de plàstics i mostrar-me les seves instal·lacions, a en Lluís per portar-me garotes sempre que les he necessitat i a l'Albert per facilitar-me material i explicar-me la seva experiència com a col·laborador en el projecte *Surfing for Science*.

Gràcies a l'Eduard Marquès i en Boris Weitzmann, pel seu interès en la meva recerca i per facilitar-me bons treballs i bibliografia.

M'agradaria també reconèixer el suport rebut des del Programa ARGÓ, particularment vull agrair a la Nerea Roher la seva ajuda i les seves orientacions, en especial, en la concreció del meu tema de recerca.

Finalment, vull fer un agraïment especial a la meva família per acompanyar-me durant tot el període d'investigació i facilitar-me els desplaçaments durant els mostrejos realitzats.

RESUM

El plàstic és un material present per tot arreu, fins i tot en els ecosistemes marins del Parc Natural del cap de Creus. Tot i l'alta resistència del plàstic, aquest tendeix a fragmentar-se en microplàstics que poden ser ingerits per les espècies i afectar greument tot l'ecosistema. Aquest treball té com a tema central l'impacte dels microplàstics en l'espècie de garota *Paracentrotus lividus*.

En el treball es realitza un estudi dels microplàstics presents en tres platges de Roses, de la zona del cap de Creus, on es poden trobar poblacions de garotes. Les dades trobades, posteriorment es porten al laboratori, on se sotmeten individus de l'espècie *P. lividus* a diferents quantitats i formes de plàstic per veure com hi interaccionen i comprovar si l'ingereixen.

Finalment, s'arriba a una conclusió on es compleix parcialment la hipòtesi plantejada a l'inici de la recerca, ja que es demostra que els individus interaccionen amb el plàstic a mesura que l'aigua on habiten es va contaminant, malgrat que no es pot confirmar que l'ingereixin.

RESUMEN

El plástico es un material presente en todas partes, incluso en los ecosistemas marinos del Parque Natural del *cap de Creus*. A pesar de la alta resistencia del plástico, éste tiende a fragmentarse en microplásticos que pueden ser ingeridos por las especies y afectar gravemente a todo el ecosistema. Este trabajo tiene como tema central el impacto de los microplásticos en la especie de erizo de mar *Paracentrotus lividus*.

En el trabajo se realiza un estudio de los microplásticos presentes en tres playas de Roses, en la zona del *cap de Creus*, donde se pueden encontrar poblaciones de erizos de mar. Los datos obtenidos se trasladan posteriormente al laboratorio, donde se someten individuos de la especie *P. lividus* a diferentes cantidades y formas de plástico para observar cómo interactúan con ellos y comprobar si los ingieren.

Finalmente, se llega a una conclusión en la que se cumple parcialmente la hipótesis planteada al inicio de la investigación, ya que se demuestra que los individuos interactúan con el plástico a medida que el agua en la que habitan se va contaminando, aunque no se puede confirmar que lo ingieran.

ABSTRACT

Plastic is a material found everywhere, even in the marine ecosystems of the cap de Creus Natural Park. Despite its high resistance, plastic tends to fragment into microplastics, which can be ingested by species and severely affect the entire ecosystem. This study focuses on the impact of microplastics on the sea urchin species *Paracentrotus lividus*.

The study analyzes the microplastics present on three beaches in Roses, in the cap de Creus area, where sea urchin populations can be found. The collected samples are subsequently taken to the laboratory, where individuals of the species *P. lividus* are exposed to different quantities and forms of plastic in order to observe how they interact with them and to determine whether they ingest them.

Finally, a conclusion is reached in which the hypothesis proposed at the beginning of the research is partially confirmed it is shown that individuals interact with plastic as the water they inhabit becomes increasingly contaminated, although it cannot be confirmed that they ingest it.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	7
1. CONCEPTE I ESTRUCTURA DELS ECOSISTEMES MARINS.	9
1.1 LA BIOCECENOSI I EL BIÒTOP.	9
1.2 EL NÍNXOL ECOLÒGIC, L'HÀBITAT I LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS INDIVIDUS D'UNA POBLACIÓ	12
1.3 ELS NIVELLS TRÒFICS I LES CADENES ALIMENTÀRIES.	13
2. LA ZONA MARÍTIMA DEL CAP DE CREUS.	14
3. LES GAROTES DEL CAP DE CREUS	18
3.1 ELS GRUPS D'EQUINOÏDEUS DEL CAP DE CREUS	18
3.1.1 <i>Arbacia lixula</i> o GAROTA NEGRA.	19
3.1.2 <i>Sphaerechinus granularis</i> o GAROTA VIOLETA.	20
3.1.3 <i>Paracentrotus lividus</i> o GAROTA DE ROCA	21
3.2 MORFOLOGIA DELS EQUINOÏDEUS REGULARS.	25
4. L'ACTIVITAT HUMANA I ELS ECOSISTEMES	27
5. ORIGEN I PRESÈNCIA DELS PLÀSTICS	28
6. TIPUS DE PLÀSTICS.	30
6.1 SEGONS EL SEU RECICLATGE.	30
6.2 SEGONS LA SEVA MIDA	30
6.3 EL POLIETILÈ, EL PLÀSTIC MÉS ABUNDANT.	30
7. IMPACTE DELS PLÀSTICS EN ELS ECOSISTEMES MARINS	32
7.1 ELS PLÀSTICS I EL TURISME EN LES ZONES DE COSTA.	33
7.2 <i>Paracentrotus lividus</i> I ELS PLÀSTICS.	34
8. INTRODUCCIÓ A LA PART PRÀCTICA	35
9. ESTUDI PRELIMINAR: TREBALL DE CAMP	35
9.1 METODOLOGIA I ZONES DE MOSTREIG.	36
9.2 FACTORS DE L'ESTUDI PRELIMINAR	38
9.3 INSTRUMENTS DE MESURA I PROCEDIMENT DEL MOSTREIG	39
9.4 INSTRUMENTS DE MESURA I PROCEDIMENT DE L'ANÀLISI	40
9.5 RECOLLIDA DE DADES I RESULTATS	43
9.6 ANÀLISI DE DADES	49

10. ESTUDI AL LABORATORI	51
10.1 METODOLOGIA I DISSENY EXPERIMENTAL	52
10.2 DEFINICIÓ DE LA MOSTRA.....	53
10.3 DEFINICIÓ DE VARIABLES	53
10.4 MATERIAL I PROCEDIMENTS.....	54
10.4.1 PER A LA PREPARACIÓ DELS GRUPS D'EXPERIMENTACIÓ	54
10.4.2 PER A LA RECOLLIDA DE FRAGMENTS BIOEROSIONATS.....	56
10.4.3 PER A L'ANÀLISI DE LES MOSTRES	57
10.5 SEGUIMENT DELS GRUPS	62
10.6 RECOLLIDA I ANÀLISI DE RESULTATS.....	65
10.6.1 PER A LA VARIABLE DEL PROCÉS DE BIOEROSIÓ	65
10.6.2 PER A LA VARIABLE D'INGESTA DE PLÀSTIC.....	66
10.7 CONCLUSIONS DE L'ESTUDI PRELIMINAR I DE LABORATORI	69
11. CONCLUSIONS FINALS.....	70
12. BIBLIOGRAFIA.....	71
ANNEXOS	I
ANNEX 1: ENTREVISTA AMB NÚRIA SAGRISTÀ I VISITA A L'IRTA LA RÀPITA	II
ANNEX 2: ENTREVISTA AMB ALBERT MASMARTÍ	VII
ANNEX 3: ENTREVISTA AMB LUÍS MARTÍNEZ SAMBLÁS	XI
ANNEX 4: DIRECCIÓ DEL VENT I ORIENTACIÓ GEOGRÀFICA DE LES ZONES	XV
ANNEX 5: TIPUS DE PLÀSTIC SEGONS EL SEU RECICLATGE	XVI
ANNEX 6: TEMPORITZACIÓ DE L'ANÀLISI AL LABORATORI	XVIII

INTRODUCCIÓ

El present treball de recerca tracta sobre la contaminació ambiental provocada pels plàstics al cap de Creus, els ecosistemes marins que trobem en aquest Parc Natural i l'espècie de garota més apreciada gastronòmicament, la *Paracentrotus lividus*.

Les principals motivacions que he tingut a l'hora de triar aquest tema han estat, d'una banda, la proximitat que tinc amb el mar i les nombroses activitats aquàtiques que he realitzat des de sempre, la meua preocupació i consciència de la necessitat de protegir el medi ambient; i, d'altra banda, l'experiència personal amb les garotes que he tingut des de petita, com a filla de pescador.

Científicament, l'estudi de la relació entre el *P.lividus* i el plàstic és un tema poc investigat, ja que fa poques dècades els humans vam començar a prendre consciència sobre l'impacte dels plàstics produïts per la indústria en els ecosistemes i les espècies que hi habiten. A més a més, a Roses, igual que a la resta de la Costa Brava, el consum de garotes és molt preuat i potser els resultats d'aquest estudi poden ser interessants per consumidors i pescadors.

Gràcies a la guia de la meua tutora i la participació amb el programa Argó he pogut acotar el tema i plantejar-me els següents objectius:

- Saber què són els microplàstics i com afecten els ecosistemes marins.
- Fer una aproximació de la quantitat de microplàstics presents a les platges de Roses durant el període de més turisme.
- Observar sistemàticament, en laboratori, com respon l'espècie de garota *P.lividus* en contacte amb els plàstics i microplàstics.
- Analitzar, seguint un dels protocols de detecció de l'IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària), si el *P. lividus* ingereix microplàstics.

Aquests objectius em porten a formular la següent hipòtesi:

Potser el P. Lividus adult en estar en contacte, durant cinc dies, amb plàstics i microplàstics en quantitats molt superiors a les trobades a les platges del cap de Creus, actua com a agent bioerosionador i ingereix algun fragment de microplàstic.

Per tal de corroborar o contradir aquesta hipòtesi he basat el meu estudi teòric en la recerca d'informació a partir de llibres i articles científics especialitzats, entrevistes a professionals de l'àmbit marí i visites a centres tecnològics.

Per realitzar la part pràctica he realitzat un estudi preliminar en tres platges de Roses, dins la zona del cap de Creus, on he analitzat els microplàstics,

mesoplàstics i macroplàstics que hi ha, per després portar les observacions al laboratori i sotmetre individus d'aquesta espècie a diferents quantitats i formes de plàstic per veure com hi interaccionen i comprovar si l'ingereixen. Per analitzar les mostres sotmeses a l'experimentació en aquaris he utilitzat un protocol de detecció de microplàstics cedit per l'IRTA la Ràpita.

En la present memòria escrita he volgut mostrar detalladament, a través de fotografies, els estudis realitzats, tant de treball de camp com de laboratori. És per aquest motiu que l'estructura del treball gira al voltant de l'explicació, tant teòrica com pràctica, i el suport d'imatges, amb gairebé dos centenars de fotografies, la gran majoria, pròpies.

Tot plegat, aquest treball escrit és el recull de més d'un any de feina feta amb molta dedicació i constància, i malgrat que durant el camí he hagut d'anar superant dubtes i complicacions, finalment he pogut assolir els meus objectius i corroborar parcialment la meua hipòtesi inicial.

1. CONCEPTE I ESTRUCTURA DELS ECOSISTEMES MARINS.

El terme *ecosistema*, proposat per l'anglès A. G. Tansley (1871-1955), deriva de la paraula *oikos*, que significa lloc, i de la paraula *sistema*, que significa organització, és a dir, xarxa d'interaccions. Així doncs, es pot definir ecosistema com el conjunt de diferents espècies que viuen en un entorn físic comú, les funcions de les quals es complementen en un grau variable.

Segons l'ecologia¹ un ecosistema és format pel component biòtic o biocenosi i el component abiòtic o biòtop.

1.1 LA BIOCECENOSI I EL BIÒTOP.

El *component biòtic o biocenosi* és el conjunt de totes les poblacions d'éssers vius que viuen en una mateixa zona geogràfica en un mateix moment i les relacions que estableixen tots els individus, siguin o no de la mateixa espècie. Per exemple, els individus i les relacions que estableixen els sards (*Diplodus sargus*), les garotes (*Paracentrotus lividus*), la posidònia (*Posidonia oceanica*), les estrelles de mar vermelles (*Echinaster sepositus*), les algues fotòfiles com la *Cystoseira mediterranea* que viuen en una mateixa zona geogràfica del cap de Creus.



Imatge 1: Part d'un ecosistema del Cap de Creus on podem veure restes de posidònia (*Posidonia oceanica*), *Cystoseira mediterranea* i un sard (*Diplodus sargus*) a Cala Rostella, Roses el 4/08/2025. Font pròpia.

¹ Ciència que estudia les relacions entre els éssers vius i el lloc on viuen.

Els organismes dels ecosistemes aquàtics es poden classificar en tres grups segons la zona que habiten:

- **Plàncton:** organismes que es mouen a la deriva prop de la superfície i són arrossegats pels corrents marins. Es format pel fitoplàncton (algues i cianobacteris) i el zooplàncton (protozous, petits animals i larves d'animals més grans).
- **Nècton:** animals que poden nedar i es desplacen amb facilitat per l'aigua (peixos, balenes, pops...).
- **Bentos:** organismes que viuen al fons, fixats al substrat, enterrats o desplaçant-s'hi per sobre (estrella de mar, garotes, coralls, musclos...).



Imatge 2: Crustaci amfípode marí de la família Maeridae. Component del plàncton (zooplàncton). Font: wikipedia.org



Imatge 3: Banc de salpes (*Sarpa salpa*) del Cap de Creus. Font: imatge cartell publicitari visita al Parc Natural del Cap de Creus.



Imatge 4: Garotes negres (*Arbacia lixula*) en una roca de Cala Calís, Roses. Font pròpia.

La biocenosi es pot estudiar a través de la recollida de mostres tenint en compte diferents paràmetres com, per exemple, la densitat (d). Aquest paràmetre representa el nombre d'individus d'una espècie que hi ha per unitat de superfície o de volum. A les comunitats bentòniques, com per exemple les comunitats de garotes, es refereixen a superfície.

$$d = n/s$$

d = densitat
 n = nombre d'individus d'una espècie
 s = superfície de la mostra

El **component abiòtic o biòtop** és el conjunt format pel medi, el substrat i els factors ambientals abiòtics o fisicoquímics que afecten els éssers vius.

El medi és el fluid que envolta els organismes, pot ser l'aire o l'aigua; el substrat és la superfície sobre la qual es desplacen, s'aguanten o es fixen els organismes, pot ser el sòl, l'aigua, la superfície d'altres éssers vius...; els factors abiòtics són: la temperatura, la llum, la humitat de l'aire, la salinitat, la pressió, el pH, els corrents del medi, etc.

Els factors abiòtics ambientals i fisicoquímics estudiats en aquest treball són: la temperatura, la salinitat, el pH, els corrents marins superficials i les precipitacions.

La **temperatura** de l'aigua del mar se sol mesurar en els primers metres de la superfície. Aquesta temperatura no sol ser tan elevada com la terrestre, ja que té una calor específica² elevada, i li costa molt més escalfar-se i refredar-se. La major part de l'aigua dels oceans es troba entre els +2°C i els +4°C. A la superfície, les temperatures oscil·len entre els -2°C i els +30°C.

La **salinitat** de l'aigua és la concentració de sals minerals dissoltes. A l'aigua del mar, la mitjana de salinitat és d'uns 35 grams per litre. Els ions més freqüents són els anions Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁻, HCO₃⁻ i PO₄⁻, i els cations Na⁺, K⁺, Ca²⁺ i Mg²⁺.

El **pH** és el Potencial d'Hidrogen. És una mesura per calcular l'acidesa d'una dissolució en la qual determinem la concentració d'hidrons³. La fórmula per calcular el pH és la següent:

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$

Amb aquesta fórmula es calcula el logaritme negatiu en base deu dels ions Hidrogen. Com més activitat d'ions H⁺ hi ha, més àcida és la dissolució. El pH es mesura en una escala de l'1 al 14. L'1 és el valor més àcid, el 7 és el valor neutre i el 14 és el valor més alcalí⁴. A la pràctica de laboratori o en treballs de camp es poden utilitzar dos tipus d'instruments, el mesurador de pH (pH tester) i els reactius, que es poden trobar en tires o en gotes.

Els **corrents marins superficials** són generats principalment pel vent i afecten els primers 400 metres de profunditat del mar. El vent, depenent de la direcció i la força, pot empenyer grans masses d'aigua i crear moviments circulars coneguts com a girs oceànics.

Les **precipitacions** és el conjunt d'aigua procedent de l'atmosfera que es diposita sobre la superfície de la Terra, en forma sòlida o líquida. Són un factor abiòtic que pot afectar en el transport de plàstics cap al mar.⁵

² Quantitat de calor que s'ha de proporcionar a un gram de substància perquè augmenti la seva temperatura un grau centígrad. L'aigua té una calor específica de 4186 J/kg·K.

³ Un hidró és un ió positiu d'hidrogen (H⁺).

⁴ Dit d'una substància amb propietats alcalines, en dissolució aquosa es comporta com una base.

⁵ Veure entrevistes de l'[Annex 2](#) i [Annex 3](#).

1.2 EL NÍNXOL ECOLÒGIC, L'HÀBITAT I LA DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DELS INDIVIDUS D'UNA POBLACIÓ

Cada espècie desenvolupa el seu cicle vital dins d'un ecosistema ocupant un hàbitat i un nínxol ecològic determinats.

El nínxol ecològic d'una espècie és la funció o l'activitat d'aquesta espècie en l'ecosistema, i per estudiar-lo s'han de conèixer les fonts d'alimentació de l'espècie, els seus depredadors, els seus competidors, els seus hàbits de vida, etc. Per exemple, la garota de roca (*Paracentrotus lividus*) s'alimenta d'algues com la posidònia (*Posidonia oceanica*), un dels seus depredadors és el sard (*Diplodus sargus*) i una espècie competidora és la garota negra (*Arbacia lixula*).

L'hàbitat d'una espècie és el conjunt de condicions físiques i biològiques en les quals aquesta espècie podria viure i reproduir-se. Per exemple, un dels hàbitats on pot viure la garota de roca (*Paracentrotus lividus*) és en el fons de la zona infralitoral de la costa a poca profunditat on hi ha abundància d'algues.

Les poblacions estan formades pel conjunt d'individus de la mateixa espècie que viuen en una àrea i en un període de temps concret. La distribució espacial dels individus d'una població pot ser a l'atzar, uniforme o en agregats.

La distribució a l'atzar es dona en espècies sense inclinació natural a formar grups, com per exemple, algunes espècies de taurons solitaris.

La distribució uniforme es produeix en ambients desfavorables i amb competència intraespecífica⁶ per algun factor limitador.

La distribució en grups o agregats és la més usual. Té molts avantatges en relació a la supervivència de l'espècie, ja que facilita: la reproducció, la superació d'onades de fred, la recerca d'aliment, etc.



Imatge 5: Tauró solitari que podem trobar en el Mediterrani, *Etmopterus spinax*. Exemple de distribució a l'atzar. Font: Kare Telnes.



Imatge 6: Banc de salpes, *Sarpa salpa*. Exemple de distribució en grups o agregats. Font: SUBMON.



Imatge 7: Pingüins emperador, *Aptenodytes forsteri*. Exemple de distribució uniforme. Font: MonPlaneta.

⁶ Relacions biòtiques de competència establertes entre els organismes de la mateixa espècie, que donen lloc a la territorialitat (inclinació que té cada individu de la població a ocupar un espai determinat i defensar-lo dels altres individus de la mateixa espècie).

1.3 ELS NIVELLS TRÒFICS I LES CADENES ALIMENTÀRIES

El nivell tròfic és el conjunt d'organismes d'una comunitat que es nodreixen de la mateixa manera, és a dir que ocupen una mateixa posició en una cadena alimentària.

La cadena tròfica o alimentària és la seqüència d'organismes d'un ecosistema, cadascun en un nivell tròfic diferent, que s'alimenten els uns dels altres.

Es diferencien tres tipus de nivells tròfics:

Els productors són els organismes autòtrofs⁷, fotosintètics⁸ i quimiosintètics⁹. Aquests tipus d'organismes fabriquen la seva pròpia matèria orgànica a partir de la inorgànica present al medi i són la base de la resta de nivells. Per exemple, la posidònia (*Posidonia oceanica*).

Els consumidors són organismes heteròtrofs¹⁰ que s'alimenten de la matèria orgànica continguda en altres éssers vius. Els consumidors primaris s'alimenten dels productors, els secundaris s'alimenten principalment dels consumidors primaris, els consumidors terciaris s'alimenten dels primaris i secundaris. Per exemple: la garota de roca s'alimenta de la posidònia (consumidor primari), el sard s'alimenta de la garota (consumidor secundari), l'humà (*Homo sapiens*) s'alimenta de garotes i sards (consumidor terciari).

Els descomponedors i transformadors són els fongs i bacteris que s'alimenten de restes orgàniques dels nivells anteriors i la transformen en inorgànica assimilable novament pels productors.



Imatge 8: *Posidonia oceanica*, productor. Font pròpia.



Imatge 9: *Paracentrotus lividus*, consumidor primari. Font pròpia.



Imatge 10: *Diplodus sargus*, consumidor secundari. Font: Club d'Immersió. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona.

⁷ Organismes que es nodreixen de matèria inorgànica.

⁸ Organismes que capten energia lluminosa, la transformen en energia química i produeixen compostos orgànics.

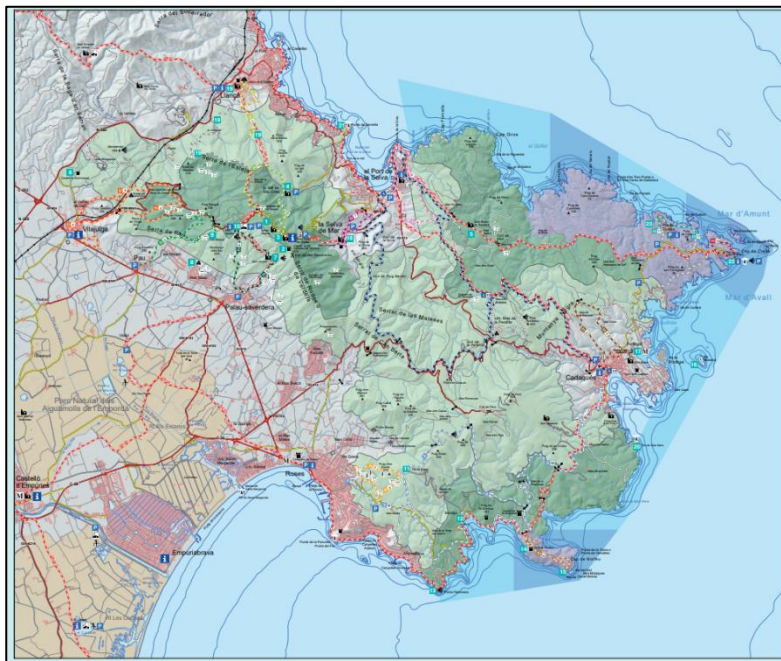
⁹ Bacteris autòtrofs que a partir de l'oxidació de determinades molècules inorgàniques com el sofre, el nitrogen o el ferro, obtenen l'energia necessària per la síntesi de matèria orgànica.

¹⁰ Éssers vius que s'alimenten de matèria orgànica.

2. LA ZONA MARÍTIMA DEL CAP DE CREUS

El cap de Creus és un Parc Natural situat a l'Alt Empordà que ocupa espais dels municipis de Cadaqués, Llançà, Palau-saverdera, Pau, Port de la Selva, Roses, Selva de Mar i Vilajuïga. Va ser declarat Parc Natural el 1998 i va ser el primer parc marítim-terrestre de Catalunya.

El Parc té una extensió total de 13.844ha, repartides en 3.064ha marines i 10.780ha terrestres. Concretament, l'interès d'estudi en aquest treball té com a base la seva zona marítima.



Imatge 11: Plànol-Guia del cap de Creus. Font: Parc Natural del cap de Creus. Generalitat de Catalunya

El patrimoni natural del cap de Creus, tal com el descriu el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya¹¹, es caracteritza per una extraordinària bellesa del paisatge i una gran diversitat d'hàbitats, entre la que destaca un fons marí molt ric gràcies a les seves característiques complexes i variades i a la poca contaminació de les aigües.

Des d'arran de costa fins a més de 80 metres de profunditat es troben hàbitats molt diversos: fons de roca i fons de fang; cales d'aigües calmes i indrets exposats a forts corrents, a l'onatge o a la tramuntana; llocs ben il·luminats i llocs ombrívols. A causa de la varietat de fons marins existeix una gran diversitat de comunitats i espècies.

¹¹ Disponible a: <https://parcsnaturals.gencat.cat/ca/xarxa-de-parcs/cap-creus/el-parc/>

Així doncs, a les zones supralitorals¹² i mediolitorals¹³, les quals tenen fons batuts per les onades, s'hi troba una gran diversitat de petits invertebrats com poliquets, amfípodes, pagellides, cargolins o glans de mar, tomàquets de mar, ermitans i d'algues com l'alga incrustant *Lithophyllum tortuosum*.



Imatge 12: Pagellides enganxades en una roca de la zona mediolitoral de Cala Montjoi. Font pròpia.



Imatge 13: Ermità en una roca de Cala Montjoi el 25/06/2025.



Imatge 14: Tomàquet de mar, *Padina pavonica* a la zona supralitoral de Cala Montjoi. Font pròpia.

La zona infralitoral¹⁴, permanentment submergida, ben il·luminada i situada a poca profunditat trobem algues fotòfiles com la *Cystoseira mediterranea* o la *Corallina elongata* entre d'altres i és on viuen gran varietat d'animals de diferents mides com estrelles de mar, garotes, poliquets, crustacis... En aquesta zona també trobem les orelles (*Padina pavonica*) i fanerògames marines, entre els fons rocosos s'hi troben les praderies de *Posidònia oceànica* que constitueixen un habitat per moltes espècies de peixos com els làbrids, els espàrids, els escorpènids o els serrànids, entre d'altres.



Imatge 15: Zona infralitoral de Cala Montjoi. Font pròpia.



Imatge 16: Joells benjamins, *Atherina boyeri*, habitant en la posidònia de Cala Montjoi. Font pròpia.

¹² La zona supralitoral és la que se situa just fora de l'aigua i està esquitxada per les onades.

¹³ La zona mediolitoral és la que està mullada pel vaivé de les onades.

¹⁴ La zona infralitoral és la zona permanentment submergida situada a poca profunditat (0-30 m).



Imatge 17: *Cystoseira mediterranea* fotografiada el 25/06/2025 a Cala Montjoi. Font pròpia.



Imatge 18: *Padina pavonica* de la zona mediolitoral de Cala Montjoi. Font pròpia.



Imatge 19: Praderies de posidònia. Font pròpia.



Imatge 20: *Paracentrotus lividus*. Garota de roca fotografiada a Cala Montjoi el juny 2025. Font pròpia.

A la zona circalitoral¹⁵ es troben els fons ombrívols. S'hi troba la comunitat del coralligen formada per la gorgònia vermella i algues calcàries que constitueix un hàbitat per a molts equinoderms, poliquets, molluscs (cefalòpodes, bivalves), crustacis com la llagosta i peixos com l'orada o el sard. Les coves i les esclotxes de les parets rocoses constitueixen un hàbitat amb poca flora i molta fauna: briozous, esponges, gorgònia vermella, corall vermell i alguns peixos com ara la morena.



Imatge 21: Gorgònia vermella, *Paramuricea clavata*. Font: cram.org



Imatge 22: Equinoderm, estrella de mar. Fotografia feta durant una immersió al cap de Creus per Jon Larrañaga Pairet.

¹⁵La zona circalitoral és la zona de 30 a 50 metres de profunditat.



Imatge 23: Llangosta fotografiada durant una immersió al cap de Creus per Jon Larrañaga Pairet.



Imatge 24: Mollusc cefalòpode, pop roquer. Fotografiat durant una immersió al cap de Creus per Jon Larrañaga Pairet.



Imatge 25: Morenes fotografiades durant una immersió al cap de Creus per Jon Larrañaga Pairet.



Imatge 26: Nero fotografiat durant una immersió al cap de Creus per Jon Larrañaga Pairet.

Les aigües fondes del cap de Creus (més de 50 m de profunditat) estan constituïdes per fang, tot i que a certs llocs s'hi troben pedres, restes calcàries i parets rocoses. Habiten diferents espècies d'invertebrats com equinoderms, poliquets i mol·luscs; una gran varietat de crustacis com crancs i escamarlans, peixos com la clavellada, la palaia o el lluç. A les parets i els fons rocosos hi podem trobar esponges, briozous, la gorgònia blanca, el corall vermell i peixos com el pagell i el roger de roca.



Imatge 27: Clavellada, *Raja clavata*. Font: cram.org



Imatge 28: Roger de roca, *Mullus surmuletus*. Font: Club d'immersió biologia, UB.

A més a més de totes les espècies que viuen enganxades o a prop del fons marí, hi ha una sèrie d'animals i algues que habiten les aigües lliures del cap de Creus on es desplacen activament o simplement hi suren. Aquests éssers vius formen el sistema pelàgic, el qual té com a components bàsics el zooplàncton: constituït bàsicament per meduses, petits crustacis; el fitoplàncton: constituït per diminutes espècies d'algues; i l'ictioplàncton: constituït pels ous i les larves de peixos i invertebrats marins. En aquest sistema s'hi troba també una sèrie de peixos, com la sardina, l'anxova i el bonítol o el dofí ratllat i la tortuga babaua.



Imatge 29: Medusa ou ferrat. *Cytiorhiza tuberculata*. Fotografia feta durant una immersió al Cap de Creus per Jon Larrañaga Pairet.



Imatge 30: Banc de sardines. Font: Nemo pescaderia i marisqueria.

3. LES GAROTES DEL CAP DE CREUS

Les garotes, tema principal d'aquest treball, són equinoïdeus coneguts també amb els noms de: garoines, eriçons de mar, bogamarins, capellans, castanyes de mar o olletes, entre altres.

3.1 ELS GRUPS D'EQUINOÏDEUS DEL CAP DE CREUS

Les garotes comprenen una classe amb unes 800 espècies vives, tot i que s'arriba a conèixer unes 5000 a través del registre fòssil.

Taxonòmicament, els eriçons de mar són equinoïdeus (*Echinoidea*), una classe d'equinoderms¹⁶ que es divideix en diverses subclasses, famílies i espècies.

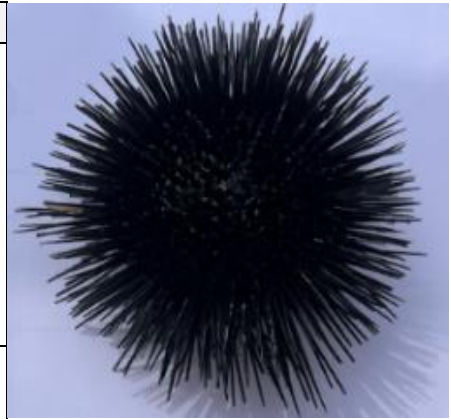
Segons l'Enciclopèdia d'Història Natural dels Països Catalans, els euequinoïdeus que habiten al mar Mediterrani són: els arbàcids (*Arbacioidea*), els temnoplèurids (*Temnopleuridae*), els toxopnèustids (*Toxopneustidae*) i els equínids (*Echinidae*). Concretament al Cap de Creus trobem majoritàriament: la garota negra (*Arbacia*

¹⁶ Els equinoderms (*Echinodermata*) són animals marins que inclouen les espècies d'estrelles de mar (*Asteroïdeus*), de lliris de mar (*Crinoïdeus*), de cogombres de mar (Holoturoïdeus), de ofiures (*Ofiuroïdeus*) i d'eriçons de mar (*Equinoïdeus*).

lixula), la garota violeta (*Sphaerechinus granularis*) i la garota de roca (*Paracentrotus lividus*), espècies descrites segons la WoRMS¹⁷ a continuació:

3.1.1 *Arbacia lixula* o GAROTA NEGRA.

Nom científic	Nom en català
Animalia (regne)	Animals
<i>Echinodermata</i> (phylum)	Equinoderms
<i>Echinoidea</i> (classe)	Equinoïdeus
<i>Euechinoidea</i> (subclasse)	Euequinoïdeus
<i>Arbacioida</i> (ordre)	Arbàcid
<i>Arbaciidae</i> (família)	-
<i>Arbacia</i> (gènere)	-
<i>Arbacia lixula</i> (espècie) Garota negra	



Imatge 31: Classificació taxonòmica segons el WoRMS de la garota negra (*Arbacia lixula*, Linnaeus, 1758)
Fotografia: Font pròpia.

L'exoesquelet de la garota negra pot arribar fins als 60mm de diàmetre i externament és de color negre. El seu dermatoesquelet és rosat. Sol habitar la zona infralitoral i es pot arribar a trobar fins als 40 m de fondària, tot i que els primers deu metres és on hi ha una densitat de població més elevada, especialment en substrat rocós. S'alimenta de les algues que recobreixen el substrat i se sol trobar juntament amb la garota de roca (*Paracentrotus lividus*), que també és una espècie de garota herbívora. És molt representativa i comuna a tots els Països Catalans i és considerada endèmica del Mediterrani.



Imatge 32 : *Arbacia lixula* en una roca a Cala Calitjàs. Font pròpia.



Imatge 33: Dermatoesquelet de garota negra.
Font: Guia d'espècies marines: WASTE MAGAZINE [en línia]

¹⁷ Word Registre of Marine Species (WoRMS) és el Registre Mundial d'Espècies Marines controlat per experts que actualitzen contínuament el coneixement científic publicat i que es pot consultar a <https://www.marinespecies.org>

3.1.2 *Sphaerechinus granularis* o GAROTA VIOLETA

Nom científic	Nom en català
<i>Animalia</i> (regne)	Animals
<i>Echinodermata</i> (phylum)	Equinoderms
<i>Echinoidea</i> (classe)	Equinoïdeus
<i>Euechinoidea</i> (subclasse)	Euequinoïdeus
<i>Camarodonta</i> (ordre)	Camarodonts
<i>Toxopneustidae</i> (família)	Toxopnèustids
<i>Sphaerechinus</i> (gènere)	-
<i>Sphaerechinus granularis</i> (espècie) Garota violeta	



Imatge 34: Classificació taxonòmica segons el WoRMS de la garota violeta (*Sphaerechinus granularis*, Lamarck, 1816)
Fotografia: Font pròpia.

L'exoesquelet d'aquesta espècie de garota pot arribar fins als 150 mm de diàmetre i és de color violeta. El dermatoesquelet és rosat o violeta blanquinos. La garota violeta es troba a gairebé a tots els fons infralitorals i circalitorals, des dels 3 fins als 100 metres de profunditat, encara que on més abundància hi ha és entre els 5 i els 40 metres. Habita en molts tipus diferents de fons marins el que porta a pensar que és una espècie omnívora. No depèn del substrat per viure, prefereix habitar aigües calmades i evita els primers metres pel vaivé de les onades.



Imatge 35: *Sphaerechinus granularis* en el seu hàbitat.
Font: Aquarium de Barcelona.



Imatge 36: Dermatoesquelet de garota violeta.
Font pròpia.

3.1.3 *Paracentrotus lividus* o GAROTA DE ROCA

Nom científic	Nom en català
<i>Animalia</i> (regne)	Animals
<i>Echinodermata</i> (phylum)	Equinoderms
<i>Echinoidea</i> (classe)	Equinoïdeus
<i>Euechinoidea</i> (subclasse)	Euequinoïdeus
<i>Camarodonta</i> (ordre)	Camarodonts
<i>Echinidea</i> (família)	Equínids
<i>Paracentrotus</i> (gènere)	-
<i>Paracentrotus lividus</i> (espècie) Garota de roca	



Imatge 37: Classificació taxonòmica segons el WoRMS de la garota de roca (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816)
Fotografia: Font pròpia.

La garota de roca (*Paracentrotus lividus*), de la família dels equínids, és l'eriçó de mar més conegut del nostre litoral i també dels més comuns al cap de Creus. És l'espècie de garota més valorada gastronòmicament. L'exoesquelet és d'uns 70 mm de diàmetre i de color molt variable (verd, marró, violeta), en canvi, el dermatoesquelet sempre és verd. És una espècie herbívora que habita la zona infralitoral i conviu amb la garota negra en els primers metres de profunditat. La forma de diferenciar en el mar les dues espècies és que la garota de roca es recobreix de pedretes, conquilles, trossos d'algues i plàstics¹⁸ i, en canvi, la garota negra no ho fa. Aquest comportament de la garota de roca anomenat “covering” ha estat estudiat en diversos treballs i alguna de les teories és que ho realitza com a protecció d'un excés de llum solar (Crook i altres, 1999; Barnes i Crook, 2001; Verling i altres, 2004) o com a camuflatge per protegir-se de possibles depredadors (Milligan, 1915; Crook i altres, 1999). Quan els individus de *Paracentrotus lividus* es troben en fase juvenil és molt freqüent veure'ls instal·lats en escletxes o petits forats.

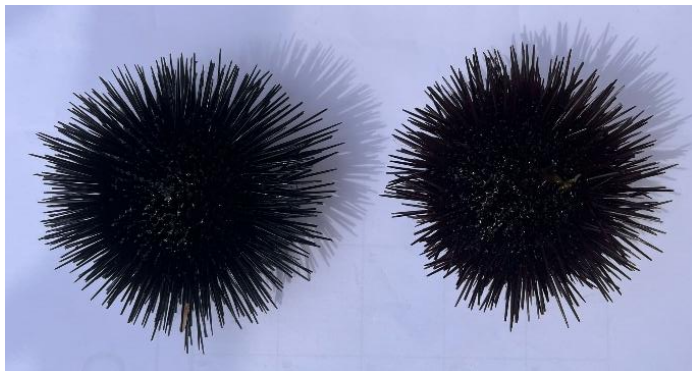
¹⁸ El recobriment de la garota amb plàstic ja es troba citat a la primera edició, juny del 1991, a l'*Enciclopèdia d'Història Natural dels Països Catalans Invertebrats no artròpodes*.



Imatge 38: Dos individus recoberts de pedretes i conquilles en un petit forat entre roques de Cala Rostella el mes d'agost de 2025. Font pròpia.



Imatge 39: Dos individus recoberts de pedretes i posidònia a Cala Rostella el mes d'agost de 2025. Font pròpia.



*Imatge 40: D'esquerra a dreta, exemplar de garota negra (*Arbacia lixula*) i de garota de roca (*Paracentrotus lividus*). S'aprecia com externament és molt complicat diferenciar cada espècie. Font pròpia.*



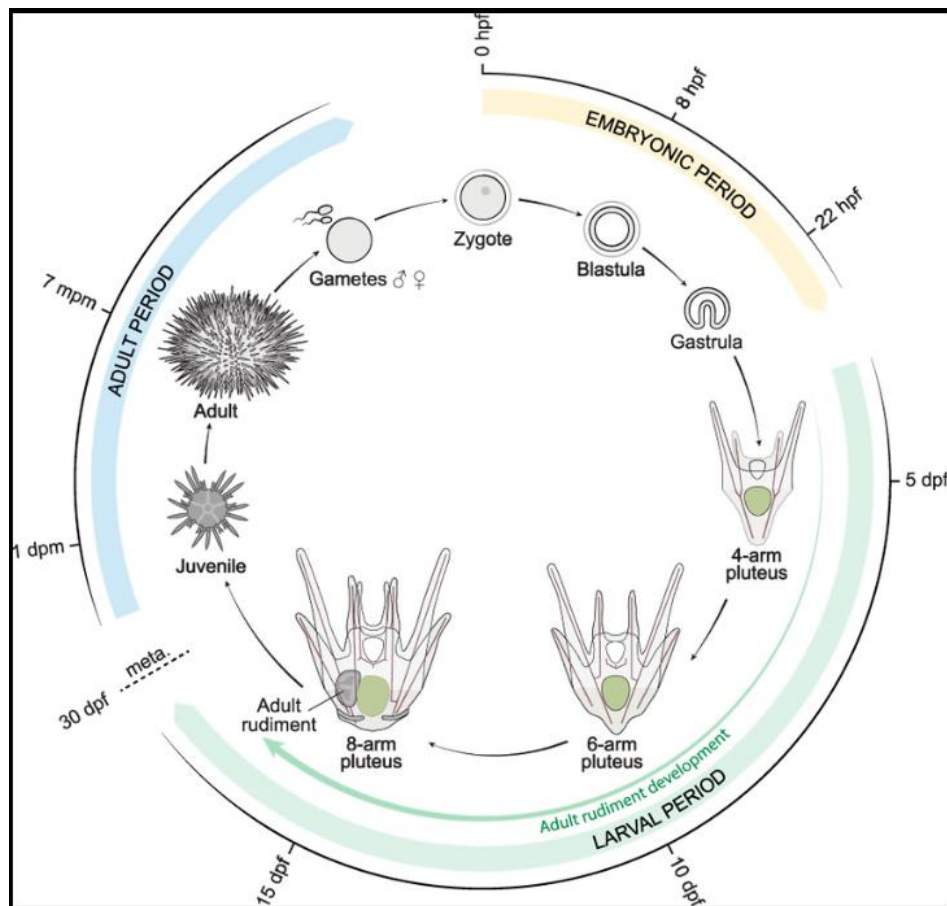
*Imatge 41: Dermatoesquelet de *Paracentrotus lividus* en fase juvenil. Font pròpia.*



Imatge 42: Representació de plats elaborats amb garotes d'El bulli restaurant, on podem veure que aquesta espècie és molt apreciada gastronòmicament. Font pròpia.

En relació amb la reproducció, el *Paracentrotus lividus* és una espècie gonocòrica¹⁹ sense dimorfisme sexual extern, encara que es coneixen casos d'hermafroditisme. La fecundació és externa i dona lloc a una larva *equinopluteus planctògafa* que pot durar entre 23-29 dies. Quan aquesta té la capacitat d'entrar en contacte amb el substrat, la larva el reconeix mitjançant els podis primaris i si aquest substrat no li resulta adequat, torna a nedar fins a trobar un substrat que li permeti realitzar la metamorfosi.

A continuació es mostra un esquema del cicle de vida basat en unes condicions de criança a 18°C:



hpf: hores post fecundació; **dpf:** dies post fecundació; **dmp:** dies post metamorfosi; **mmp:** mesos post metamorfosi.

Imatge 43: Esquema del cicle vital de l'espècie *Paracentrotus lividus* extret del treball: Formery, L., Wakefield, A., Gesson, M., Toisoul, L., Lhomond (2022). Developmental atlas of the indirect-developing sea urchin *Paracentrotus lividus*: From fertilization to juvenile stages. Frontiers in Cell and Developmental Biology.

¹⁹ Organismes que presenten gonocorisme, és a dir, la forma de reproducció sexual en què els individus d'una espècie tenen sexes separats i cada un produeix gàmetes d'un sol tipus.

Durant la realització de la part pràctica s'ha observat un individu de *Paracentrotus lividus* en període larval i dies post metamorfosi.



Imatge 44: Adult secretant els gàmetes. Font pròpia.



Imatge 45: Individu de *Paracentrotus lividus* en període larval on podem observar el rudiment adult. Font pròpia.



Imatge 46: Dia 1 post metamorfosi. Font pròpia.



Imatge 47: Individu l'endemà de fer la metamorfosi al costat d'un individu adult. Font pròpia.



Imatge 48: Individu post metamorfosi en fase juvenil. Font pròpia.

3.2 MORFOLOGIA DELS EQUINOÏDEUS REGULARS

Generalment, les garotes tenen el cos globós aplanat i poden ser de diversos colors. La seva tonalitat és definida pel color de les espines o del tegument²⁰. L'esquelet està format per plaques soldades entre elles que formen una closca que dona rigidesa absoluta al cos.

Les espècies de garotes que s'estudien en aquest treball tenen una simetria pentàmera²¹ i són regulars, és a dir, tenen l'anús situat de manera oposada al complex apical²².



Imatge 49: Complex apical. Font pròpia.

L'espai intern és una sola cavitat celomàtica²³, plena de líquid celomàtic on suren nombrosos amebòcits²⁴ que fan les funcions respiratòria i excretora.



Imatge 50: A l'esquerra, exemplar de garota de roca que ha patit un tall transversal i s'hi pot veure una part del líquid celomàtic i les gònades. A la dreta, contingut estomacal i gònades. Font pròpia.

²⁰ Estructura superficial del cos d'un animal que el separa del medi extern.

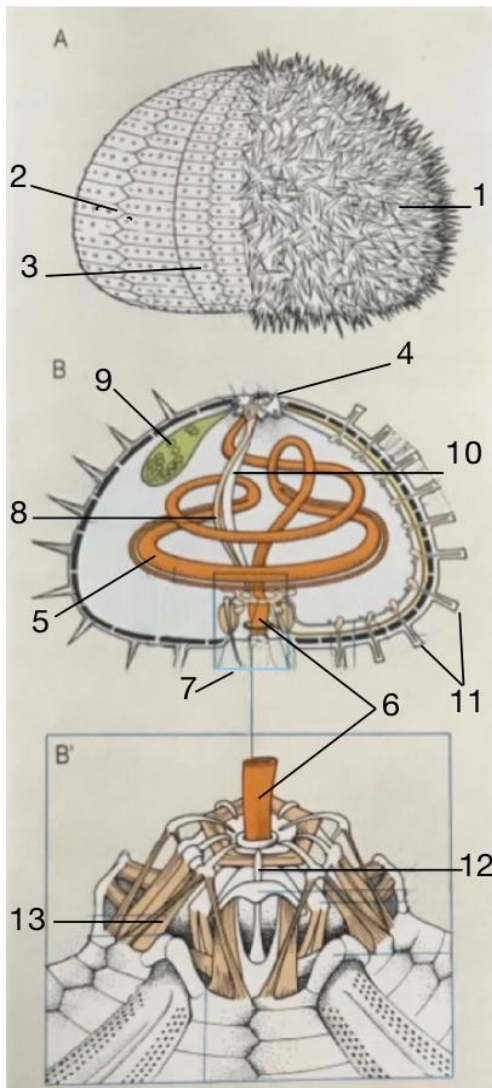
²¹ Simetria radial de 72° exclusiva dels equinoïdeus que els fa tenir cinc parts iguals al voltant de la boca, amb cinc radis i cinc espais interradians.

²² Boca per on la garota ingereix l'aliment. Està formada per una estructura de cinc plaques en posició radial.

²³ Cavitat interna que constitueix l'espai on s'allotgen i desenvolupen els òrgans vitals.

²⁴ Cèl·lula pròpia de la sang i d'altres líquids orgànics dels invertebrats, capaç de fer moviments ameboides, és a dir, es mou a través de pseudòpodes (prolongacions del citoplasma que es contrauen i s'estenen).

A continuació s'exposa amb més detall la morfologia d'una garota:



- (A)
Morfologia externa:
1. espines, 2. placa interradial, 3. placa ambulacral.
- Morfologia interna:**
(B)
4. anus, 5. intestí, 6. esòfag, 7. boca, 8. canal hidropòric,
9. gònada, 10. glàndula bruna, 11. peus ambulacrals.
- (B') Llanterna d'Aristòtil.
12. dent, 13. musculatura mastegadora.

La boca i l'esòfag, a la part inferior de la garota, són envoltats per la llanterna d'Aristòtil, un òrgan mastegador format per vint peces calcàries (dents) unides per una musculatura i fixades a l'esquelet a través d'unes prolongacions internes.

Després de l'esòfag, el tub digestiu descriu dues circumvolucions al voltant de l'eix oral-aboral (boca-anus). Totes les funcions nervioses són assumides pel sistema oral, exceptuant la innervació de les gònades, que se n'ocupa el sistema aboral.

Les gònades ocupen bona part de la cavitat celomàtica i – en les espècies estudiades – són cinc bosses adherides a l'esquelet disposades en posició interradial. Quan les gònades estan madures són de colors vius (rosats o ataronjats) i tenen un gran valor gastronòmic. Cada gònada acaba en un gonoducte que s'obre independentment pel porus instal·lat a les plaques genitals. Els sexes estan separats entre individus tot i que hi ha casos d'hermafroditisme en espècies com la garota de roca (*Paracentrotus lividus*) o la garota negra (*Arbacia lixula*). Externament, el mascle i la femella no es diferencien, ara bé, el color de les gònades madures sí que permet la diferenciació: l'eriçó mascle les té de color groc, daurat o taronja pàl·lid, mentre que la femella les té vermelles o taronja intens.

Imatge 51: Adaptació pròpia del dibuix realitzat per Biopunt, a partir de fonts diverses i citat a *Història Natural dels països Catalans. Invertebrats no artròpodes. Fund. Enciclopèdia Catalana. Barcelona, 1991. Pàg. 513*



Imatge 52: *Paracentrotus lividus* femella tallada transversalment a punt per a la seva degustació. Font pròpia.

4. L'ACTIVITAT HUMANA I ELS ECOSISTEMES

L'ésser humà explota els ecosistemes per obtenir aliments i altres beneficis des dels seus orígens, sovint els humans consumim més del que l'ecosistema produeix i, aleshores, aquest es degrada i la zona queda destruïda.

Una de les principals formes humanes d'explotar els ecosistemes aquàtics és a través de la pesca. Tot i que l'efecte desestabilitzador de la pesca artesanal és escàs, amb la pesca d'arrossegament o industrial es destrueixen les comunitats bentòniques i els ecosistemes s'empobreixen. Per aconseguir racionalitzar les captures d'organismes marins d'interès comercial, diferents països i associacions han establert certes condicions que han de complir les arts de pesca i han fixat períodes de veda²⁵ per a determinades espècies. Aquestes mesures intenten equilibrar la sostenibilitat del sector econòmic i dels ecosistemes marins, i també hi són presents al cap de Creus²⁶.

També l'actual manera de viure de les persones i el desenvolupament tecnològic, econòmic i social, malauradament, ha potenciat aquesta acció contaminant que les activitats humanes provoquen. Trobem greus problemes ambientals, tant pel que fa a la generació de deixalles de material orgànic com d'altres substàncies de rebuig²⁷.

Als ecosistemes marins la contaminació orgànica²⁸ és limitada a les costes. Generalment, aquesta és causada per abocadors o vessaments il·legals que provoquen una acumulació d'escombraries o de matèria orgànica, que si arriben a ser molt abundants poden provocar greus alteracions a l'ecosistema, amb l'aparició de bacteris anaerobis fermentadors²⁹, el metabolisme dels quals dona lloc a substàncies tòxiques que poden ser ingerides o provocar la mort per asfíxia de les espècies.

²⁵ Les vedes són els períodes en els quals la caça o la captura de l'animal està prohibida per tal d'afavorir la seva reproducció.

²⁶ Cal esmentar que davant els inconvenients econòmics que comporten les vedes, el sector pesquer i les administracions estan fent esforços per buscar mecanismes de sostenibilitat, com els proposats a la *Jornada Tècnica OPP Cap de Creus. Mirada al futur: reptes i oportunitats*, celebrada a Roses el 10/05/25, on l'Organització de Productors Pesquers del Cap de Creus va agrupar a tot el sector pesquer català amb l'objectiu d'aprendre i debatre sobre les possibilitats de futur de la pesca del Mediterrani.

²⁷ Programa general de prevenció i gestió de residus i recursos de Catalunya PRECAT20 (2008) Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

²⁸ La matèria orgànica que arriba en forma d'escombraries és metabolitzada pels organismes descomponedors i s'alliberen substàncies minerals. Aquestes substàncies enriqueixen l'aigua i provoquen la producció d'algues. Si l'entrada d'escombraries és molt elevada, els descomponedors esgoten l'oxigen disponible, no poden continuar la seva activitat i provoquen l'aparició de bacteris anaerobis fermentadors.

²⁹ Bacteris que poden desenvolupar-se tant en presència com en absència d'oxigen. Si habiten un lloc sense oxigen, com és el cas de l'exemple, ho fan a través del seu metabolisme fermentatiu.

D'altra banda, la nostra societat fa circular pels ecosistemes substàncies que abans no existien, és a dir, materials fabricats sintèticament, i que en un primer moment tan sols es trobaven en concentracions mínimes. Fa uns anys es considerava que els camps o els oceans eren prou grans perquè aquestes substàncies s'hi poguessin diluir sense representar cap perill. Actualment, es troba l'efecte de la concentració biològica, que consisteix en l'increment de concentració química d'una substància en la cadena alimentària, ja que són substàncies que no es degraden i que l'organisme no pot metabolitzar ni excretar, i, com a conseqüència, s'acaben acumulant als teixits. Quan després són ingerides, s'acumulen al consumidor, i així successivament al llarg de la cadena tròfica. En determinades situacions, aquestes substàncies resulten molt tòxiques i poden provocar importants problemes i fins i tot la mort de l'individu. Exemples d'aquestes substàncies són: insecticides, metalls pesants com el plom o el cadmi, els elements radioactius, els colorants, els conservants, els estabilitzants o els plàstics (el centre d'aquesta recerca).

5. ORIGEN I PRESENCIA DELS PLÀSTICS

La natura ha estat durant molts segles l'única font de materials amb els quals l'ésser humà podia fabricar eines, utensilis i objectes d'ús quotidià. Però les propietats que presenten les pedres, les fustes o els metalls no responen a totes les necessitats que l'evolució de la humanitat ha anat creant. Per aquest motiu, a través de la ciència i la tecnologia va començar la recerca de substàncies resistents, impermeables, de poca densitat, fàcilment modelables amb temperatura, molt resistents a la biodegradació i de fabricació econòmica (García, S., 2009). Aquests materials creats sintèticament van ser anomenats plàstics.

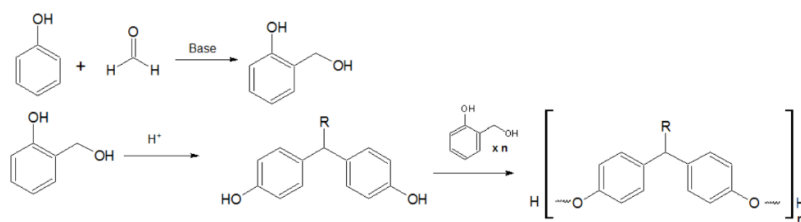
Precisament, el que dona nom a la paraula plàstic és una forma de referir-se als materials sintètics capaços d'entrar en un estat "plàstic" o de viscoelasticitat, generalment gràcies a l'aplicació de calor, i que els dona la característica de ser molt matleables.

Tal com explica la química, els plàstics són polímers³⁰ orgànics d'origen sintètic. Els primers polímers artificials es van obtenir a través de transformacions de polímers naturals, a finals del S.XIX³¹ i el primer polímer totalment sintètic el va

³⁰ Segons la química, els polímers són macromolècules constituïdes per la unió de monòmers (molècules senzilles). A la natura hi ha molts polímers, com per exemple, les biomolècules, la llana, el cautxú, la cel·lulosa...

³¹ Alguns exemples són: el cautxú sintètic, fabricat per Charles Goodyear (1839) a partir del vulcanitzat de cautxú natural, o el cel·luloide, sintetitzat per J.W Hyatt (1868) a partir del nitrat de cel·lulosa.

aconseguir L.H. Baekeland (1909) en fabricar la baquelita a partir de formaldehid i fenol.



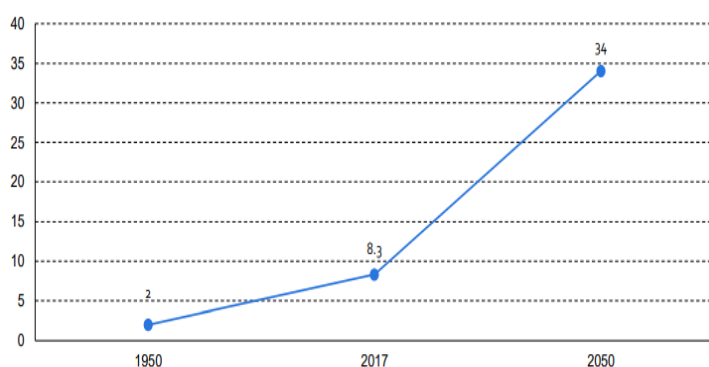
Imatge 532: Síntesi de la baquelita a partir de fenol i aldehyd. Font: Wikipèdia.



Imatge 54: Carcassa de telèfon feta amb baquelita negra. Font: García, S (2009)

A partir d'aquest descobriment, l'avanç de la indústria va permetre ràpidament la creació de diferents polímers sintètics, com el niló, el poliestirè, el policlorur de vinil, el polietilè, etc., molts d'ells a partir del petroli. Des d'aleshores l'avenç ha estat gairebé imparable. Cal tenir en compte que a escala mundial, dels dos milions de tones de plàstic produïdes l'any 1950, es va passar a la fabricació de 380 milions de tones el 2015 (Geyer et al., 2017), i a més de 400 milions de tones el 2021 (Samaniego et al, 2021).

Si al fet de generar anualment tota aquesta quantitat de plàstic s'hi afegeix que és un material no biodegradable³², que pot estar en el medi durant més de 600 anys sense degradar-se completament, queda de manifest que estem davant d'un greu problema de contaminació ambiental, ja que la previsió de plàstics acumulats a escala mundial per al 2050 és d'unes 34 mil milions de tones (Geyer et al., 2017).



Imatge 55: Previsió del volum acumulat de producció de plàstic en tot el món de 1950 a 2050 (en milers de milions de tones) segons Roland Geyer, 2017. Citat a J. Samaniego i altres (2021).

Plàstics: ¿Cuánto tiempo tardan en descomponerse?		
Botella		±500 años
Cubiertos		±400 años
Mechero		100 años
Vaso		65-75 años
Bolsa		55 años
Suela de zapato		10-20 años
Colilla		1-5 años
Globo		6 meses
GREENPEACE		

Imatge 56: Temps que tarden a degradar-se diferents objectes plàstics. Font Greenpeace, 2022.

³² Segons la biologia, s'entén per biodegradable allò que pot sofrir biodegradació, és a dir, la transformació d'un substrat complex en un altre de més simple gràcies a l'acció d'un organisme viu.

6. TIPUS DE PLÀSTICS

6.1 SEGONS EL SEU RECICLATGE

La Societat d'Indústries de Plàstic (SPI) va introduir el sistema de Codi d'identificació de Resines (SIC) el 1988, amb la intenció de facilitar la separació dels tipus de plàstic, tant a les llars com a la indústria, de cara al seu reciclatge. Amb aquest codi es diferencien set tipus de plàstics, en funció de la seva possibilitat de reciclatge, tal com s'exposa a la taula de [l'annex 5](#). Com a norma general, com més petit és el número més fàcil és reciclar-lo i més temps fa que s'ha aconseguit fer-ho.

6.2 SEGONS LA SEVA MIDA

El 2004, Thomson va observar la degradació de plàstics mal gestionats mitjançant processos naturals en el medi ambient i els va denominar “microplàstics”. Els residus plàstics es descomponen amb el temps en partícules de mida més petita i de diverses formes.

En funció de la seva mida reben els noms de: macroplàstics (>25mm), mesoplàstics (5mm - 25mm), microplàstics (1µm - 5mm) i nanoplàstics (<1µm) (Alimi et al., 2018).



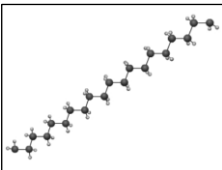
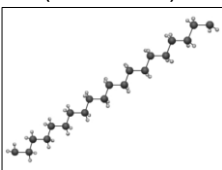
Imatge 57: Presentació programa ARGÓ UB.

6.3 EL POLIETILÈ, EL PLÀSTIC MÉS ABUNDANT.

El polietilè (PE) és un tipus de termoplàstic amb una estructura cristal·lina variable que s'utilitza en una àmplia gamma d'aplicacions, depenent del seu tipus d'estructura. El procés comercial per fabricar-lo va ser desenvolupat per l'alemany Karl Ziegler i per l'italià Giulio Natta, en la dècada del 1950. Des d'aleshores, el polietilè és el plàstic més produït per la indústria i el més utilitzat per la societat, a causa de la seva versatilitat, les seves propietats físiques favorables i, especialment, el seu baix cost econòmic.

Segons l'Associació de la Indústria del Plàstic, el 2019, el polietilè va representar el 34,8% de la producció mundial de plàstics, i es preveu que arribi als 118 milions de tones el 2025³³.

La densitat i ramificació estructural del polietilè presenta diferents graus que determinen les seves característiques i aplicacions en la indústria. Els més utilitzats són el polietilè de baixa densitat (LDPE) i el polietilè d'alta densitat (HDPE).

Tipus i nomenclatura	Classificació	Composició química	Propietats generals	Aplicacions
Polietilè de baixa densitat (LDPE) 	Polimèric Termoplàstic De vinil Polietilè Baixa densitat	$(-CH_2-CH_2-)_n$  Grau de ramificació elevat, entre 20 - 40 ramificacions cada 1000 àtoms de carboni	Densitat: 0,917-0,932 g/cm ³ Cristallinitat: 40-50% Preu: 1,50-1,65 €/kg	 Bosses de plàstic, xeringues, flascons rentadors, pots d'anàlisi d'orina, gespa artificial, bosses d'escombraries, fil transparent.
Tipus i nomenclatura	Classificació	Composició química	Propietats generals	Aplicacions
Polietilè d'alta densitat (HDPE) 	Polimèric Termoplàstic De vinil Polietilè Alta densitat	$(-CH_2-CH_2-)_n$  Grau de ramificació baix entre 1-10 branques de cadena curta cada 1000 àtoms de carboni	Densitat: 0.952 - 0.965 g/cm ³ Cristallinitat: 70 - 80 % Preu: 1,26 – 1,39 €/ kg	 Envasos de productes de neteja i de begudes, taps d'ampolles, teixit Raschel.

Taula1: Comparativa entre el LDPE i el HDPE. Elaboració pròpia a partir de “**Materials**” web del Grup d’Innovació per la Millora de la Docència en Estructura, Propietats i Processat de Materials. Universitat de Barcelona. Disponible a: <https://www.ub.edu/cmematerials/es/materials.html>

³³ Citat a: Plastico.com. (2023). *Polietileno: un panorama sobre sus propiedades, aplicaciones y futuro*. [en línia]. Disponible a: <https://www.plastico.com/es/noticias/polietileno-un-panorama-sobre-sus-propiedades-aplicaciones-y-futuro>

Tot això, provoca que davant la gran quantitat de polietilè fabricat, s'incrementi també la preocupació per la contaminació ambiental que provoca aquest material. De fet, William P. de Haan i altres (2019) publiquen en el seu estudi sobre la contaminació marina a les costes mediterrànies, que d'entre totes les partícules de plàstic que van mostrejar surant a l'aigua, abundaven els fragments de polietilè (54,5 %), polipropilè (16,5 %) i poliestirè (9,7 %).

7. IMPACTE DELS PLÀSTICS EN ELS ECOSISTEMES MARINS

Malgrat no es coneix la quantitat exacta, es creu que entre el 75-80% dels residus marins són plàstics. A la pràctica, es reconeix que és impossible verificar la quantitat de plàstics que es troben surant en mars i oceans, tot i que, segons un model teòric quantitatiu, s'intueix que el 2014 ja suraven en les superfícies marines al voltant de 5,25 bilions de fragments. Aquesta quantitat correspondria aproximadament a unes 268.940 tones de plàstic, sense incloure els plàstics que es troben al fons marí, a l'interior dels organismes vius o a les platges (Eriksen et al., 2014; van Sebille et al., 2015)³⁴.

Des dels anys setanta del s. XX els científics han explicat els efectes negatius que tenen els macroplàstics sobre les aus, els peixos i els mamífers marins. Aquests efectes tenen conseqüències tant en les interaccions ecològiques, interferint en la capacitat de moviment, com en els processos vitals dels organismes, fent que no puguin respirar o alimentar-se.

Els fragments grans de plàstic, tot i que són molt poc degradables, tendeixen a fragmentar-se en trossos més petits i això suposa un greu problema, ja que els fragments es poden convertir en microplàstics i poden alliberar substàncies químiques tòxiques a l'aigua que els envolta. A més a més, els microplàstics poden atraure i facilitar l'expansió de contaminants orgànics persistents (POPs), substàncies químiques sintètiques i tòxiques com els plaguicides o productes industrials resistents a la degradació i que es poden bioacumular en el teixit dels organismes marins.

Les espècies marines ingereixen els microplàstics de diferents maneres. Per als animals que s'alimenten per filtració, com els musclos o les cloïsses, la ingesta de plàstic és un procés no selectiu. En canvi, per als organismes que sí que seleccionen el seu menjar, com per exemple els peixos i els eriçons de mar, els

³⁴ Citats a l'informe del Departament científic de Greenpeace (2016) *Plásticos en el pescado y en el marisco* i a William P de Haan et al (2022) *Floating microplastic loads in the nearshore revealed through citizen science* del projecte *Surfing for science.org*.

microplàstics poden ser ingerits a través de les preses contaminades o de manera accidental, per confusió amb un aliment. També és possible que algunes espècies triïn els microplàstics com a aliment abans que el seu aliment habitual, tal com conclou l'estudi de Lönnstedt & Eklöv (2016)³⁵ que suggereix que quan hi ha microplàstics abundants, és possible que les larves de perca, *Perca fluviatilis*, que acaben d'eclosionar, prefereixin els microplàstics abans que el zooplàncton, la seva dieta natural.

Existeixen nombroses publicacions científiques que busquen les conseqüències d'aquest fenomen sobre espècies marines com els peixos, els bivalves, les llagostes o el zooplàncton (Greenpeace, 2016)³⁶. Els assajos de laboratori amb organismes marins assenyalen que les conseqüències de la ingesta de microplàstics depenen de l'espècie i de l'etapa de desenvolupament de l'individu. Així doncs, per exemple, els peixos adults solen mostrar alteracions intestinals, i si són alevins, aquests poden quedar afectats per una disminució de l'activitat, de l'alimentació i, fins i tot, de la resposta davant l'amenaça de depredadors. Altres espècies, com els crancs de mar, *Carcinus maenas*, si ingereixen microplàstics, redueixen la seva alimentació i els seus ous tenen menor índex d'eclosió. En general, es considera que els ous, les larves i els organismes marins joves són més vulnerables que els adults enfront de la interacció amb els microplàstics.

7.1. ELS PLÀSTICS I EL TURISME EN LES ZONES DE COSTA.

El 2020, científics de la Universitat de Barcelona van iniciar el projecte de ciència ciutadana « *Surfing for Science* »³⁷, basat en la recollecció de microplàstics flotants gràcies a la intervenció de voluntaris, considerats científics ciutadans.

Durant set mesos, a partir de l'octubre de 2020, catorze associacions socials³⁸, ambientals i esportives, distribuïdes al llarg de 330 km de la costa nord-occidental del Mediterrani van mostrejar el litoral per mitjà de taules de paddle surf i altres embarcacions sense motor, amb una freqüència setmanal o quinzenal. Els resultats de l'estudi, portat a terme per William P. de Haan, i al. (2022)³⁹ mostren

³⁵ Citat a l'informe del Departament científic de Greenpeace (2016) *Plásticos en el pescado y en el marisco*. Pàg. 10

³⁶ Les tres primeres són espècies que habitualment formen part del consum humà, i els últims, formen part de la dieta dels anteriors, per tant, es dedueix que la proliferació d'estudis sobre aquestes espècies té a veure amb la importància d'aquests en relació amb la bioconcentració de plàstics en la cadena tròfica i la possible afectació a la salut humana.

³⁷ Camins, E., de Haan, W.P., Salvo, V., Canals, M., Raffard, A., Sanchez-Vidal, A (2020), Paddle surfing for science on microplastic pollution, a Science of The Total Environment, Volume 709, Disponible a: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136178>

³⁸ A Roses, el Grup d'Esports Nàutics (G.E.N.) ha col·laborat en diferents ocasions i estudis aportant esportistes amb les seves petites embarcacions i els seus coneixements de la navegació a la zona.

³⁹ De Haan, W. P i al (2022) Floating microplastic loads in the nearshore revealed through citizen science. Research Letters, volum 17, núm. 4. Disponible a: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5df1>

que la població costanera es troba entre els principals factors que expliquen la càrrega de plàstics en les aigües de les costes del mar Mediterrani.

En aquesta investigació es van trobar diferències significatives entre les baixes concentracions de microplàstics trobades a les platges de Llançà el 2022 (amb una població d'uns 5000 habitants i una densitat de $>170 \text{ hab/km}^2$) en comparació amb les mostres molt carregades de microplàstics recollides a les platges de Barcelona (amb una població de $>1,6$ milions d'habitants i una densitat de $>16,4 \text{ mil hab/km}^2$).

7.2. *Paracentrotus lividus* I ELS PLÀSTICS.

Tal com ja s'ha explicat anteriorment, l'impacte dels plàstics i microplàstics en els ecosistemes marins és conegut i se sap que alteren negativament l'ecosistema.

Tenint en compte que els macroplàstics i microplàstics, un cop a l'entorn marí, també comencen a rebre la bioincrustació de petits organismes, i que aquest procés afecta especialment la flotabilitat del plàstic, es corrobora que un cop la densitat del plàstic és major que la de l'aigua de mar, aquests s'enfonsen i poden ser colonitzats pels organismes bentònics (Kooi et al., 2007)⁴⁰

Adam Porter et al. (2019), en el seu estudi sobre eriçó de mar *P. lividus*, amb els que experimentava en aquaris, demostra el potencial d'aquests animals per actuar com a bioerosiadors de macroplàstics. Van trobar que s'alimenten fàcilment sobre una superfície de plàstic i la seva interacció amb el material provoca microplàstics per fragmentació, especialment quan en el material es troben adherits microorganismes⁴¹.

Philippe J. Tomás et al. (2020), en una altra investigació recent⁴², conclou que l'embriogènesi de l'espècie *P. lividus* es veu afectada negativament per micropartícules de poliestirè (PS) i de polimetilmetracrilat (PMMA), ja que es va observar una reducció de l'índex de fertilització i la qualitat de la descendència.

⁴⁰Citat a Porter, A., Smith, K. E., & Lewis, C. (2019). *The sea urchin Paracentrotus lividus as a bioeroder of plastic. The Science of the total environment*, volume 693. Disponible a: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133621>

⁴¹ L'anàlisi dels resultats d'aquesta investigació assenyala que un sol *P. lividus*, en 10 dies, va produir un promig de 91,7 fragments de plàstic. Ara bé, la fragmentació es va reduir en un 97% quan els eriçons a més del plàstic verge tenien accés a algues marines, i, en canvi, es van trobar els majors nivells de fragmentació mentre que hi havia presència de bioincrustació o addició d'aliments al plàstic.

⁴² En aquest estudi, els eriçons de mar *P. lividus* es van recollectar a la costa de Pula (Croàcia) i es van mantenir vius en aquaris amb aigua de mar. Els gàmetes es van aconseguir mitjançant l'escissió de les gònades d'individus adults, i les fecundacions es van realitzar en vasos de precipitats de vidre, abans i durant l'exposició a microplàstics.

També es va trobar que les larves de *P. lividus* havien ingerit micropartícules de PMMA però, en canvi, no de PS. A més a més, els resultats van mostrar que els individus de *P. Lividus*, en les primeres etapes de la vida, eren menys sensibles al contacte amb plàstics que altres eriçons de mar, com el *Sphaerechinus granularis*.

8. INTRODUCCIÓ A LA PART PRÀCTICA

Un cop cercat en l'àmbit teòric què són els microplàstics i com afecten els ecosistemes marins, és el moment de plantejar de manera pràctica l'assoliment de la resta d'objectius d'aquest treball.

Així doncs, es treballa en l'objectiu de fer una aproximació de la quantitat de microplàstics presents a les platges de Roses durant el període de més turisme per, tot seguit, observar sistemàticament en laboratori com respon l'espècie de garota *P. lividus* al contacte amb els plàstics i microplàstics, observant el comportament de l'animal i usant el protocol de detecció de plàstics utilitzat per l'IRTA en l'anàlisi de les mostres.

Durant la recerca es parteix de la següent hipòtesi:

Potser el *P. Lividus* adult en estar en contacte, durant cinc dies, amb plàstics i microplàstics en quantitats molt superiors a les trobades a les platges del cap de Creus, actua com a agent bioerosionador i ingereix algun fragment de microplàstic.

Per corroborar aquesta hipòtesi es fa, en primer lloc, un estudi preliminar de tres platges de Roses, dins la zona del cap de Creus, on s'analitzen els microplàstics, mesoplàstics i macroplàstics que hi ha per després portar les observacions al laboratori i sotmetre individus d'aquesta espècie a diferents quantitats de plàstic per veure com hi interaccionen i si l'ingereixen.

9. ESTUDI PRELIMINAR: TREBALL DE CAMP

En aquesta primera fase del treball pràctic s'analitzen tres zones de platja del Cap de Creus, situades al municipi de Roses: l'espigó de la Platja de la Punta, la Depuradora de la Platja dels Palangrers i Cala Rostella. Aquestes tres zones són escollides a partir de:

- La proximitat de la zona geogràfica al nucli urbà (platja urbana, platja suburbana i cala).
- La valoració qualitativa del grau de contaminació per plàstic observat des de la platja (molt alt, moderat i baix).

El treball de camp s'ha realitzat seguint la següent planificació:

Zona	Espigó platja de la Punta	Depuradora platja dels Palangrers	Cala Rostella
Mostreig 1	07/07/2025	06/07/2025	05/07/2025
Mostreig 2	20/07/2025	20/07/2025	21/07/2025
Mostreig 3	06/08/2025	05/08/2025	04/08/2025
Mostreig 4	19/08/2025	17/05/2025	22/08/2025

Taula 2 : Planificació de la fase de mostreig. *Elaboració pròpia*

Així doncs, s'han realitzat 4 mostres a cada una de les zones de platja triades, amb una freqüència quinzenal, durant els mesos de juliol i agost del 2025. En total s'han realitzat 12 mostres i posteriorment s'han analitzat les mostres recollides tal com es descriu a continuació.

9.1 METODOLOGIA I ZONES DE MOSTREIG.

El mètode de recollida de mostres aplicat en l'estudi preliminar parteix de l'adaptació del mètode utilitzat en el Projecte “*Surfing for Science*”, de manera que els transectes mostrejats es recorren nedant, amb la xarxa de recollida lligada a la cintura, en lloc de fer-los amb petites embarcacions sense motor. També a la metodologia de recollida es tenen en compte alguns suggeriments de l'Albert Masmartí⁴³, com per exemple, el fet de comptar amb una corda de llargada suficient per evitar que els corrents generats en nedar allunyin els fragments de plàstic del transecte i afectin la mostra o bé, utilitzar un suro a la part més propera a la malla per poder analitzar els plàstics de la superfície.



Imatge 58: Xarxa utilitzada en la recollida de mostres. *Font pròpia.*

⁴³ Albert Masmartí és graduat en Ciències Ambientals per la UdG, màster en Oceanografia per la UB, i col·laborador del projecte “*Surfing for Science*”. Veure entrevista a [l'Annex 2](#).

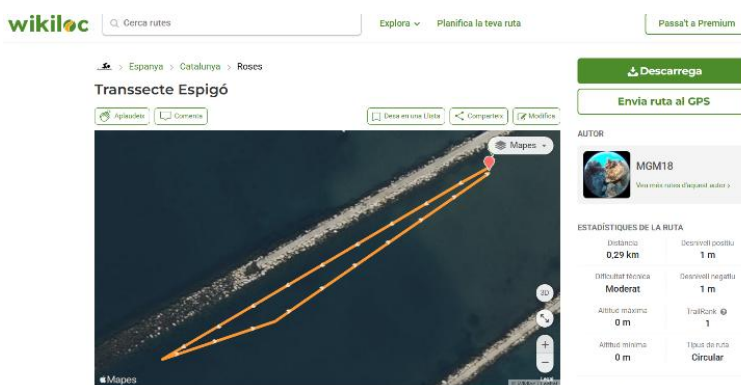
Una vegada recollides les mostres es guarden en pots de vidre etiquetats per posteriorment ser analitzades seguint també les indicacions de l'Albert Masmartí.

Els transectes mostrejats de les tres zones són d'aproximadament uns 250 metres, i es fan en zones on es troben poblacions de *P. lividus*. A continuació es mostren les imatges de les zones i dels transectes, així com la seva localització a Wikiloc © i Google maps©.

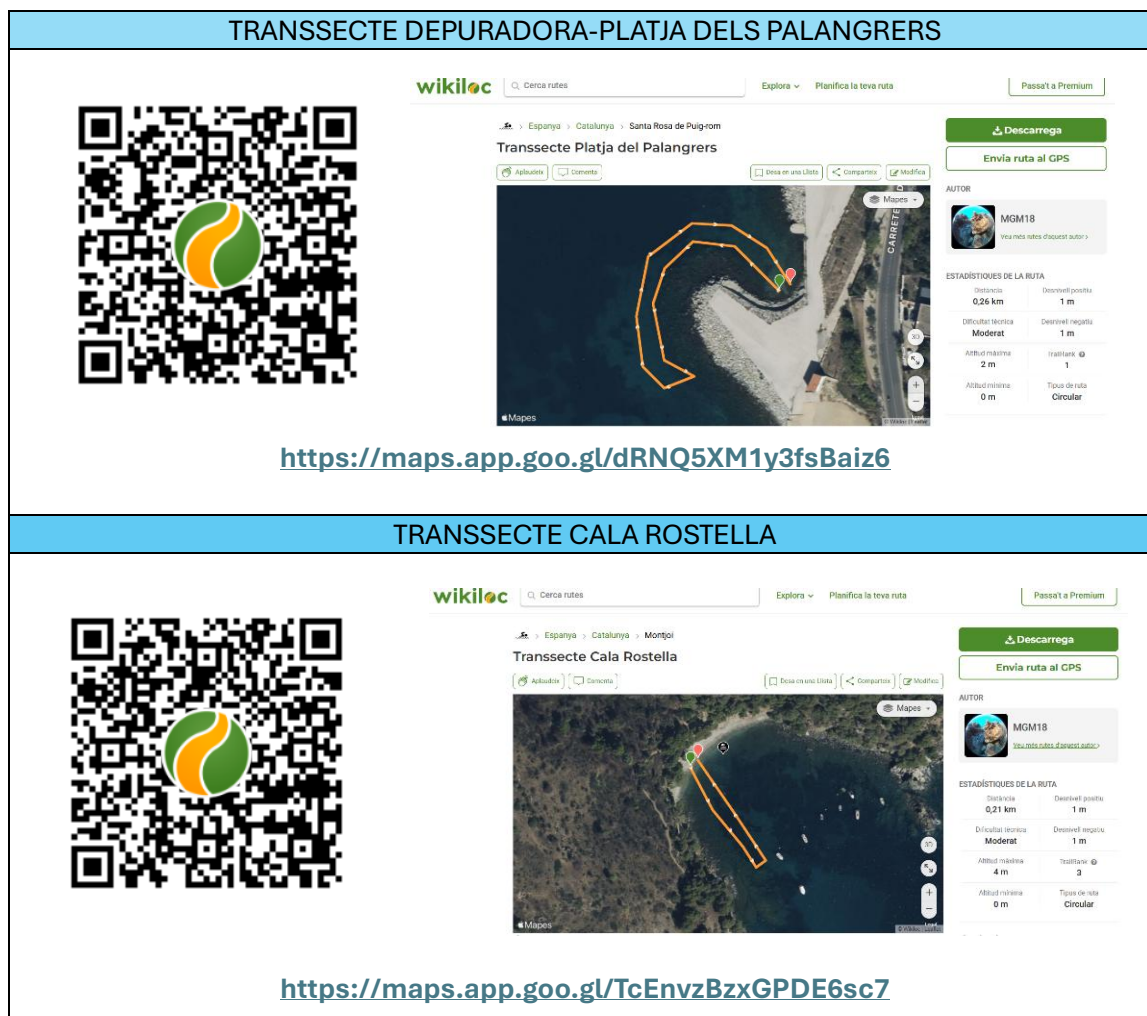
Es mostra també una taula resum de les característiques generals de les tres zones triades en funció del seu grau de contaminació observat després de visitar cada platja i examinar l'entorn. Es considera un nivell baix de contaminació quan no s'observa a simple vista brossa embrutint la platja, un nivell moderat quan s'observa brutícia en algunes parts i un nivell molt alt quan es veu tota la zona plena de brossa, com per exemple bosses de plàstic, embolcalls de plàstic de gelats o caramels, llaunes de refrescos...

Zona	Proximitat nucli urbà	Grau de contaminació qualitativament	Observacions
Espigó platja de la Punta	Platja urbana	Molt alt	Hi ha la desembocadura de la Riera Ginjolers.
Depuradora platja dels Palangrers	Platja suburbana	Moderat	Antigament hi havia una Depuradora de marisc.
Cala Rostella	Cala	Baix	Es troba aïllada del nucli urbà i únicament es pot accedir caminant.

TRANSSECTE ESPIGÓ PLATJA DE LA PUNTA



<https://maps.app.goo.gl/7ZUBhdiUFrxaXdm59>



Taula 3 : Característiques de les zones de mostreig i localització geogràfica amb Wikiloc © i Google maps ©.
Elaboració pròpia

9.2 FACTORS DE L'ESTUDI PRELIMINAR

Per realitzar l'estudi preliminar es controlen i s'observen els factors descrits a continuació:

- Nombre de plàstics trobats en cada mostra, classificats segons la mida en:
 - Macroplàstics (>25mm)
 - Mesoplàstics (5mm - 25mm)
 - Microplàstics (1µm - 5mm)

Es descarta l'anàlisi de nanoplàstics perquè no es disposa d'instruments per poder observar-los.

Es prenen dades sobre:

- Estació de l'any
- Temperatura ambient
- Temperatura de l'aigua
- Salinitat
- pH
- Velocitat del vent
- Direcció del vent
- Precipitacions

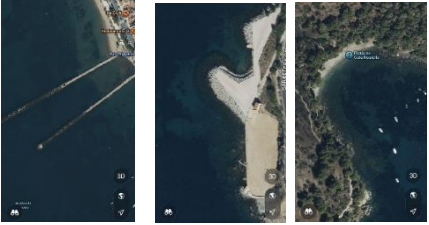
9.3 INSTRUMENTS DE MESURA I PROCEDIMENT DEL MOSTREIG

Els instruments i materials utilitzats en aquesta part de l'estudi són els següents:

- Xarxa de recollida de microplàstics
- Aletes
- Mesurador de pH
- Termòmetre
- Mesurador de salinitat
- Escarpins
- Ulleres de *piscina*

El procediment seguit durant la recollida de la mostra és l'explicat en la següent taula:

PAS	PROCEDIMENT	IMATGE
1	Fer el recorregut nedant amb la xarxa caçadora de microplàstics.	
2	Buidar el contingut de la xarxa, passant aigua dolça d'ampolles de plàstic, en un pot de vidre. Tapar i etiquetar el pot amb lloc, data i hora de la mosta.	

3	Mesurar la temperatura, el pH i la salinitat de la zona.	
4	Recomptar les garotes d'una població.	
5	Repetir-ho en les tres zones.	

Taula 4 : Procediment de mostreig portat a terme 4 vegades a cada una de les zones d'estudi.
Elaboració pròpia

9.4 INSTRUMENTS DE MESURA I PROCEDIMENT DE L'ANÀLISI

Per analitzar les mostres recollides s'utilitzen els següents instruments i materials:

- Pots de vidre
- Lupa
- Safata
- Pinces
- Regle
- Paper de filtre
- Tamís
- Vareta
- Plaques de Petri

El procediment seguit per analitzar les mostres és l'explicat a continuació:

PAS	PROCEDIMENT	IMATGE
1	Obrir el pot de vidre de la mostra recollida.	
2	Agafar amb pinces els plàstics flotants i posar-los sobre un paper de filtre per eliminar tota l'aigua.	
3	Abocar el contingut del pot sobre un tamís (xarxa) i buscar els plàstics.	
4	Agafar amb unes pinces els plàstics trobats i posar-los sobre el paper de filtre. (El tamís ha d'estar sobre una safata on cau tota l'aigua ja filtrada).	

PAS	PROCEDIMENT	IMATGE
5	Repetir l'abocament i la selecció fins a analitzar tot el contingut del pot. (Cada vegada, netejar el tamís i la safata de les algues i microorganismes que queden enganxats.)	
6	Cotlocar els plàstics secs del paper de filtre en una placa de petri.	
7	Ordenar els plàstics de la placa de petri per la seva forma i color.	
8	Mesurar la mida dels plàstics i classificar-los.	

Taula 5: Procediment d'anàlisi de les mostres recollides a cada transsecte: recollida, ordenació i mesura dels plàstics recollits per la xarxa. Elaboració pròpia

9.5 RECOLLIDA DE DADES I RESULTATS

A continuació s'exposen les dades recollides durant l'estudi preliminar.

En primer lloc, les següents taules mostren les variables controlades i altres variables que s'han tingut en compte en les tres zones estudiades.

Espigó platja de la punta								
Data	Hora	Salinitat (g sal/kg)	T ^a aigua (°C)	T ^a ambient (°C)	pH	Velocitat vent (Km/h)	Direcció vent (°)	Precipitacions setmanal (mm)
07/07/2025	11.50h	35,9	26,1	24,9	8	13,7	19	9,8
20/07/2025	12.25h	36,2	27,2	31,1	8	16,6	34	0,8
06/08/2025	10.43h	35,3	24,15	30,9	8	5	185	0
19/08/2025	11.53h	35,8	26,1	28,4	7,9	10,1	29	0
Mitjanes		35,8	25,8875		7,975			

Depuradora platja dels palangrers								
Data	Hora	Salinitat (g sal/kg)	T ^a aigua (°C)	T ^a ambient (°C)	pH	Velocitat vent (Km/h)	Direcció vent (°)	Precipitacions setmanal (mm)
06/07/2025	11.00h	36,2	26,5	31	8	14,8	23	9,6
20/07/2025	10.20h	37,1	26,4	32	8	13,3	166	0,8
05/08/2025	11.25h	36,7	24,3	34,3	8	17,6	10	0
17/08/2025	11.21h	37	25,95	32,4	7,9	25,2	21	0
Mitjanes		36,75	25,7875		7,975			

Cala Rostella								
Data	Hora	Salinitat (g sal/kg)	T ^a aigua (°C)	T ^a ambient (°C)	pH	Velocitat vent (Km/h)	Direcció vent (°)	Precipitacions setmanal (mm)
05/07/2025	10.00h	30,1	26,1	24,9	7,9	13,7	19	0,8
21/07/2025	10.05h	37	24,15	25,7	8,1	22	23	0,8
04/08/2025	10.25h	30,7	23,8	28,7	7,9	15,5	1	0
22/08/2025	11.06h	36,4	25,05	29,6	8	10,8	319	12
Mitjanes			24,775		7,975			

Taula 6: Recollida de dades dels factors relacionats amb l'aigua del mar i la meteorologia, a cadascuna de les platges mostrejades. Elaboració pròpia

Els valors de salinitat, temperatura de l'aigua, temperatura ambient i pH es mesuren per descartar que hi hagi oscil·lacions importants i es controla que totes les mostres es recullin dins del rang que es considera l'esperat en l'aigua de mar superficial, per aquesta època de l'any:

Variable:	Salinitat	T ^a aigua	T ^a ambient	pH
Rang:	30-40 g/Kg	22-27 °C	24-30 °C	7,5-8,4

Taula 7: Rang de valors de l'aigua de mar superficial durant els mesos d'estiu. Font: Wikipèdia

També es mesuren altres variables com la direcció i la velocitat del vent i les precipitacions durant la setmana prèvia a la recollida de mostres, ja que són factors que podrien tenir relació amb la presència de microplàstics a les zones.

S'ha calculat el volum d'aigua mostrejat de cada platja en els transsectes entenent que la columna d'aigua filtrada per la xarxa es pot calcular matemàticament amb la fórmula del volum d'un cilindre. Així doncs, s'ha mesurat el diàmetre de la circumferència de la boca de la xarxa (15 cm), s'ha calculat l'àrea d'aquesta circumferència amb el radi en metres i s'ha multiplicat per la distància en metres del transsecte.

$$\pi \cdot r^2 \cdot d_{\text{transsecte}}$$

Tot seguit, es mostren els resultats obtinguts pel que fa al nombre i la classificació dels plàstics recollits a cada zona i a cada un dels mostrejos i les fotografies dels plàstics recollits amb la xarxa, a cada platja, en cada una de les sortides realitzades.

	Data	Distància transsecte (m)	Volum d'aigua mostrejat (m³)	Microplàstics (<5mm-1µm)	Mesoplàstics (<25-5mm)	Macroplàstics (>25mm)	TOTAL PLÀSTICS
Espigó Platja de la Punta	07/07/2025	290	5,12	3	1	1	5
	20/07/2025	290	5,12	12	5	2	19
	06/08/2025	290	5,12	26	5	2	33
	19/08/2025	290	5,12	22	8	3	33
Depuradora	06/07/2025	260	4,59	4	0	0	4
	20/07/2025	260	4,59	19	12	2	33
	05/08/2025	260	4,59	19	0	0	19
	17/08/2025	260	4,59	206	51	10	267
Cala Rostella	05/07/2025	210	3,71	7	1	0	8
	21/07/2025	210	3,71	0	0	0	0
	04/08/2025	210	3,71	13	3	0	16
	22/08/2025	210	3,71	8	0	0	8

Taula 8: Nombre i tipologia de plàstics recollits en els mostrejos. Elaboració pròpia

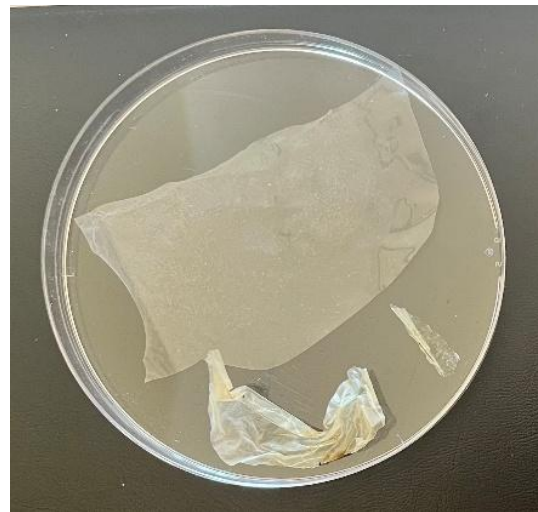
Espigó Platja de la Punta



Imatge 59: Setmana 1



Imatge 60: Setmana 2

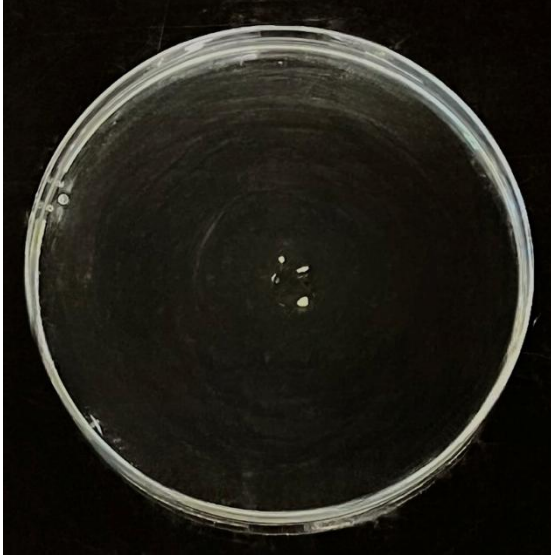


Imatge 61: Setmana 3



Imatge 62: Setmana 4

Depuradora Platja dels Palangrers



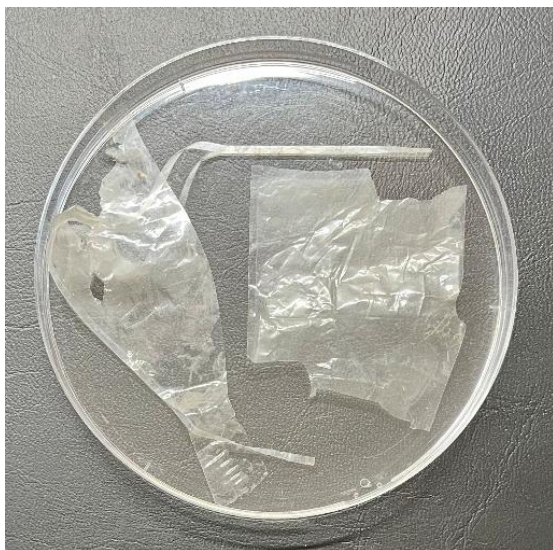
Imatge 63: Setmana 1



Imatge 64: Setmana 2

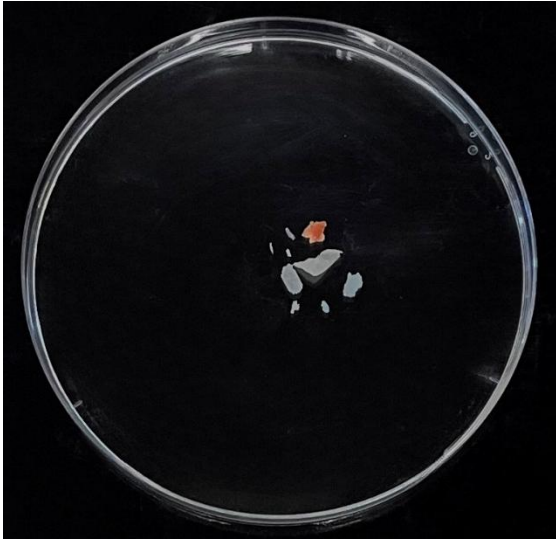


Imatge 65: Setmana 3

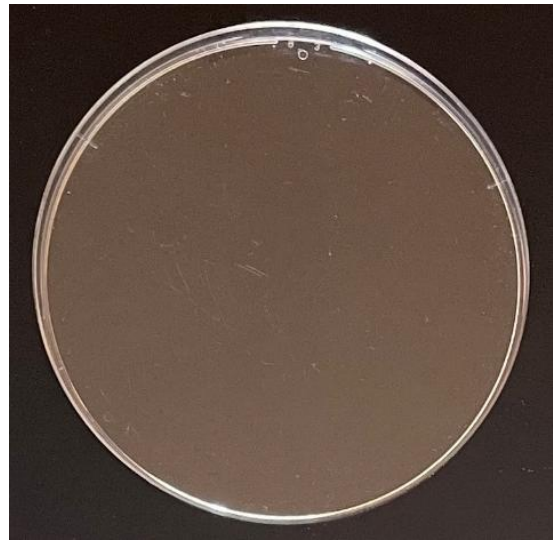


Imatge 66: Setmana 4

Cala Rostella



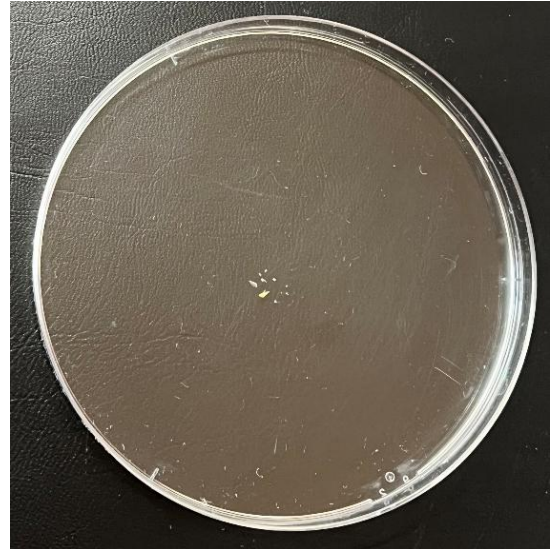
Imatge 67: Setmana 1



Imatge 68: Setmana 2



Imatge 69: Setmana 3



Imatge 70: Setmana 4

9.6. ANÀLISI DE DADES

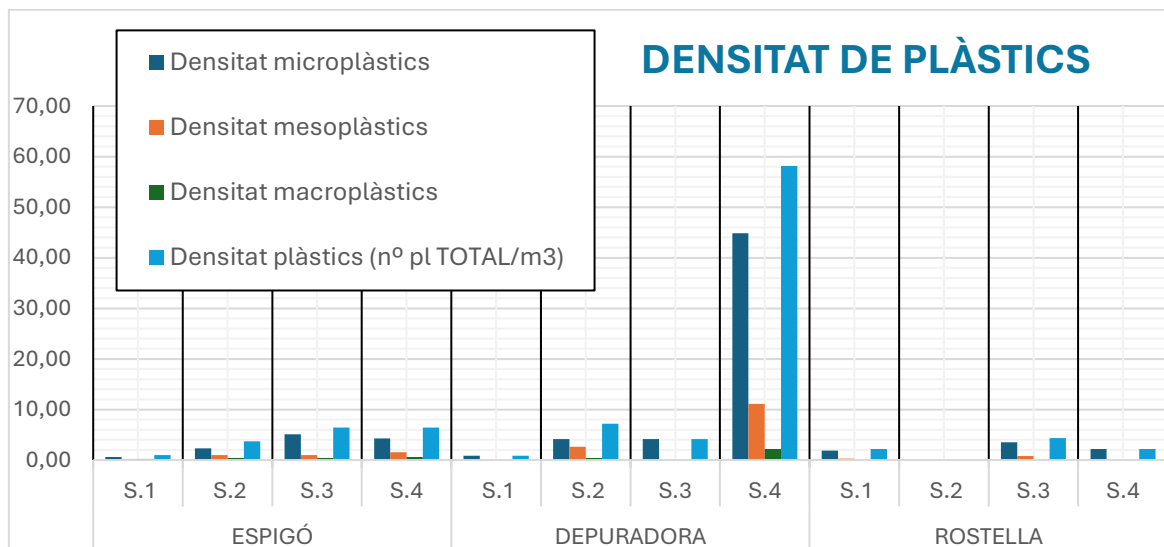
Un cop obtingudes les dades del nombre de plàstics recollits de cada zona, es calcula la densitat de plàstic per m³ d'aigua mostrejada, per poder fer una anàlisi de les dades.

En primer lloc, s'elabora la següent taula on es compara la densitat de plàstics en funció de la seva mida, i també es fa la mitjana total de cada zona.

ZONA	SETMANA	Densitat microplàstics	Densitat mesoplàstics	Densitat macroplàstics	Densitat plàstics (nº pl TOTAL/m³)	Plàstics totals per zona (nº)	Densitat mitjana zona(nº/m³)
ESPIGÓ	S.1	0,59	0,20	0,20	0,98	90	4,39
	S.2	2,34	0,98	0,39	3,71		
	S.3	5,07	0,98	0,39	6,44		
	S.4	4,29	1,56	0,59	6,44		
DEPURADORA	S.1	0,87	0,00	0,00	0,87	323	17,58
	S.2	4,14	2,61	0,44	7,18		
	S.3	4,14	0,00	0,00	4,14		
	S.4	44,84	11,10	2,18	58,11		
ROSTELLA	S.1	1,89	0,27	0,00	2,16	32	2,16
	S.2	0,00	0,00	0,00	0,00		
	S.3	3,50	0,81	0,00	4,31		
	S.4	2,16	0,00	0,00	2,16		
MITJANA TOTAL		6,15	1,54	0,35			

Taula 9: Càlcul de la densitat de plàstics recollits als mostrejos, segons la seva mida. Elaboració pròpia

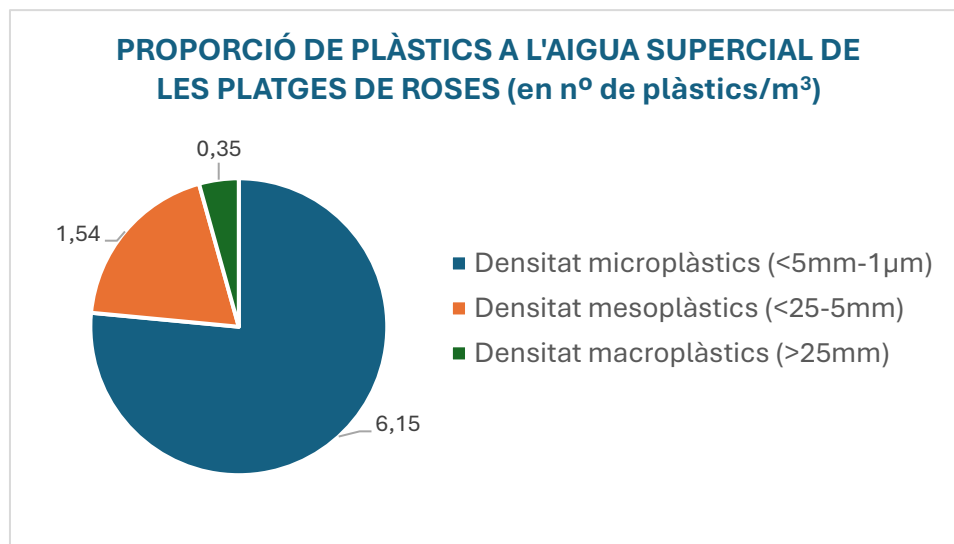
A continuació, s'elabora un gràfic amb què es comparen de manera visual les densitats de plàstics en les zones estudiades, detallades per setmanes, i en funció de la mida (eix d'abscisses). La densitat de cada mostra es calcula a partir de la següent relació: nº plàstics / m³ (eix d'ordenades).



Gràfic 1: Representació gràfica de la densitat de plàstics recollits cada setmana de mostreig, classificats per mida. Elaboració pròpia

A l'anàlisi de les dades es destaquen les següents observacions:

- A la setmana 4 (S.4) de la zona de la Depuradora-platja dels Palangrers és quan s'obté la densitat més gran de plàstic/ m^3 , amb una mitjana total de 58,11 plàstics/ m^3 . Aquest resultat és un pic significatiu amb relació a la resta de mostres.
- La setmana 2 (S.2) a cala Rostella és l'única vegada de tot el procés que no es troba cap fragment de plàstic, per aquest motiu la densitat de plàstics d'aquesta mostra és zero.
- Negligint la setmana 4 (S.4) de la zona de la Depuradora-platja dels Palangrers, la densitat total de plàstics es troba en un rang entre 0 i 10 n^o plàstics/ m^3 , i a més, la majoria dels mostrejos no superen una densitat major a 5 plàstics/ m^3 (només un 25% superen aquest llindar).
- A escala global, la zona que presenta major densitat de plàstics és la zona de la Depuradora-platja dels Palangrers, després la de l'Espigó-platja de la Punta i finalment, la cala Rostella.
- S'observa que la proporció més abundant de plàstics a l'aigua superficial, amb un 76,49%, és de microplàstics (6,15 microplàstics/ m^3); seguida de la dels mesoplàstics amb el 19,15% (1,54 mesoplàstics/ m^3); i finalment la dels macroplàstics amb el 4,36% (0,35 macroplàstics/ m^3).



Gràfic 2: Representació gràfica de la densitat (n^o de plàstics/ m^3) de microplàstics, mesoplàstics i macroplàstics a les platges de Roses estudiades. Elaboració pròpia

- Majoritàriament, els dies mostrejats s'han caracteritzat per tenir poques precipitacions i vents no gaire forts, per tant, aquestes variables tenen poca incidència en les mostres, exceptuant la mostra de la setmana 4 (S.4) a la

zona de la Depuradora, on s'observa la velocitat més gran del vent amb orientació NNE que suposa, en aquesta platja, una orientació de mar cap a terra, i on es troba el pic més elevat de recollida de plàstics. (veure [annex 4](#)).

ZONA	SETMANA	Velocitat vent (Km/h)	Direcció vent (°)	Precipitacions setmanal (mm)	Densitat plàstics (nº pl TOTAL/m³)
ESPIGÓ	S.1	13,7	19	9,8	0,98
	S.2	16,6	34	0,8	3,71
	S.3	5	185	0	6,44
	S.4	10,1	29	0	6,44
DEPURADORA	S.1	14,8	23	9,6	0,87
	S.2	13,3	166	0,8	7,18
	S.3	17,6	10	0	4,14
	S.4	25,2	21	0	58,11
ROSTELLA	S.1	13,7	19	0,8	2,16
	S.2	22	23	0,8	0
	S.3	15,5	1	0	4,31
	S.4	10,8	319	12	2,16

Taula 10: Relació dels factors meteorològics i la densitat de plàstics a l'aigua superficial de les platges. Elaboració pròpia a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya (<https://www.meteo.cat/>) i les dades recollides als mostrejos.

10. ESTUDI AL LABORATORI

Després de realitzar l'estudi preliminar i analitzar els seus resultats, es planteja un estudi de laboratori per reproduir l'hàbitat del *P.lividus* en aquaris i poder estudiar la seva interacció amb el polietilè (C₂H₄)_n.

L'objectiu que s'intenta assolir és el de conèixer la interacció de l'espècie *P.lividus* amb els macroplàstics i microplàstics, partint de la hipòtesi esmentada anteriorment:

Potser el *P. Lividus* adult en estar en contacte, durant cinc dies, amb plàstics i microplàstics en quantitats molt superiors a les trobades a les platges del cap de Creus, actua com a agent bioerosionador i ingereix algun fragment de microplàstic.

En el disseny experimental de laboratori es recrea una situació d'interacció de l'espècie amb el plàstic durant cinc dies, amb 4 grups de 6 garotes cadascun, exposats a diferents quantitats i formes de plàstic, en un aquari amb aigua de mar (oxigenada artificialment), sorra i pedres de platges de Roses.

Després de l'exposició al plàstic de cada grup es realitza, adaptat a l'aquari, el procediment seguit a la recollida de mostres explicat a l'estudi preliminar, per veure si s'han comportat com a agents bioerosionadors. Posteriorment, de cada grup

s'obté una mostra agafant el contingut estomacal i les gònades de cada individu i s'analitza seguint un protocol de detecció, detallat més endavant.

10.1 METODOLOGIA I DISSENY EXPERIMENTAL

La metodologia emprada té en compte els coneixements sobre procediments, tècniques i protocols utilitzats en l'anàlisi d'espècies aquàtiques, per garantir la seguretat alimentària, adquirits en la visita al centre de recerca de l'IRTA la Ràpita, el juny de 2025 (veure [l'annex 1](#)).

Es parteix d'un disseny experimental amb 4 grups d'individus, exposats a diferents quantitats i presentacions de polietilè de la següent manera:

GRUP	nº indiv idus	Dates	Dies	Densitat de plàstic	Litres aigua aquari	Presentació del plàstic
G1	6	06/10/25 al 10/10/25	5	0 g/L	250	No s'introdueix cap plàstic a l'aquari.
G2	6	06/11/25 al 10/11/25	5	0,072 g/L	250	En una làmina adherida a la paret de l'aquari, ocupant el 50% de la superfície total de les parets.
G3	6	14/11/25 al 18/11/25	5	0,144 g/L	250	En dues làmines adherides a la paret de l'aquari, ocupant el 100% de la superfície total de les parets.
G4	6	30/11/25 al 04/12/25	5	12300 n° micropl/m³	11	Distribuït en 135 fragments de microplàstics introduïts entremig de les algues, les roques i la sorra de l'aquari.

Taula 11.: Disseny experimental amb la planificació de l'exposició dels individus al Polietilè. Elaboració pròpia.

En els grups 1, 2 i 3 la quantitat de plàstics que s'aplica es calcula tenint en compte la densitat, és a dir, els grams del/s macroplàstic/s i els litres d'aigua que conté l'aquari. En aquests grups la presentació del polietilè és en làmines que recobreixen la superfície de les parets de l'aquari en un 0%, 50% o 100%.

En el grup 4, en incorporar petits fragments de polietilè, es parteix de la proporció de microplàstics trobats a l'estudi preliminar a les platges de Roses (6,15 micropl/m³) i es calcula una proporció 2000 vegades superior, per intentar obligar els individus a interaccionar amb els microplàstics.

Tenint en compte que s'utilitza un aquari de 25 L ple amb 11 L d'aigua de mar, roques amb algues i sorra fina. Es fa la següent operació per calcular el nombre de microplàstics amb els quals estaran en contacte els individus del G.4 durant els cinc dies.

$$11L \cdot \frac{1dm^3}{1L} \cdot \frac{1m^3}{1000dm^3} \cdot \frac{6,15 \text{ microplàstics}}{1m^3} \cdot 2000 = 135,3 \text{ microplàstics}$$

10.2 DEFINICIÓ DE LA MOSTRA

Les mostres estudiades van ser les obtingudes a partir dels grups formats, inicialment, 4 grups de 6 individus adults de *P.lividus*, és a dir, un total de 24 individus recollectats a les platges de Roses i cedits per un pescador amb llicència⁴⁴.

Durant el procés d'experimentació alguns individus van morir dins l'aquari i no van arribar a ser analitzats. Així doncs, les mostres definitives van ser:

M1: gònades i contingut estomacal de 6 individus del G1 (31g).	M2: gònades i contingut estomacal de 4 individus del G2 (31g).
M3: gònades i contingut estomacal de 6 individus del G3 (37g).	M4: gònades i contingut estomacal de 5 individus del G4 (36g).

10.3. DEFINICIÓ DE VARIABLES

Les variables d'aquest estudi es defineixen segons els dos motius de la investigació:

D'una banda, les variables que intervenen en el procés de bioerosió del polietilè són:

- **Variable independent:** Quantitat de plàstic amb què els *P.lividus* estan en contacte: valorada segons la densitat (g pL/L o n° micropl/m³).
- **Variable dependent:** Erosió de plàstic: valorada a partir de la presència/absència de fragments de plàstic en l'aigua de l'aquari, passats cinc dies.

D'altra banda, les variables que intervenen en la ingesta de microplàstics són:

- **Variable independent:** presentació i quantitat de plàstic en què els *P.lividus* estan en contacte: valorada segons el recobriment superficial continu o en forma de microplàstics i segons la densitat (g pL/L o n° micropl/m³).
- **Variable dependent:** ingesta de plàstic: valorada a partir de la presència/absència de microplàstics en les mostres del contingut estomacal i les gònades.

⁴⁴ En Lluís Martínez, consultar entrevista a [l'annex 3](#).

Variables **controlades** en ambdós motius d'investigació:

- Espècie: *P. lividus* adults
- Durada de l'experiment: 5 dies (cada grup)
- Quantitat (g) de matèria orgànica analitzada (Rang: 30-40 g/mostra)
- Oxigenació: constant a tots els grups, tots els dies.

10.4. MATERIAL I PROCEDIMENTS

En l'estudi de laboratori s'utilitzen tres procediments diferents amb els seus respectius materials. El primer procediment permet l'exposició dels grups d'individus a les 4 situacions diferents en relació amb el polietilè; el segon té per objectiu trobar fragments bioerosionats dins l'aquari; i l'últim, analitzar les mostres i comprovar si els individus han ingerit microplàstics.

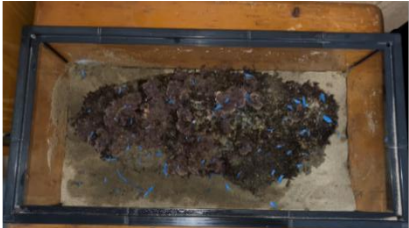
10.4.1 PER A LA PREPARACIÓ DELS GRUPS D'EXPERIMENTACIÓ

Per preparar les exposicions al plàstic dels grups s'utilitzen els següents materials:

- Aquari de 250L
- Aigua de mar
- Individus de *P. Lividus adults* (6 per grup)
- Bomba d'aire per aquaris
- Sorra i pedres de platja
- Cinta aïllant
- Recipient i etiquetes
- Congelador
- Aquari de 22L

El procediment que se segueix és el següent:

PAS	PROCEDIMENT	IMATGE
1	Agafar garrafes d'aigua de mar.	
2	Posar sorra i pedres del cap de Creus dins l'aquari.	
3.1	SETMANA 1: aquari sense plàstic.	

3.2	SETMANA 2: 50% superfície de l'aquari amb plàstic (polietilè).	
3.3	SETMANA 3: 100% superfície de l'aquari amb plàstic (polietilè).	
3.4	SETMANA 4: 135 fragments de plàstic (polietilè) entre les roques i les algues, en un aquari més petit, per augmentar la possibilitat d'interacció.	
4	Abocar les garrafes d'aigua dins l'aquari.	
5	Introduir 6 individus adults de l'espècie <i>Paracentrotus lividus</i> .	

6	Oxigenar l'aquari.	
7	Esperar 5 dies i treure els individus amb la mà protegida per un guant de neoprè.	
8	Posar els individus en un recipient, i etiquetar-lo (data inici, data fi, nombre d'individus, quantitat de plàstic present en l'aquari).	
9	Congelar-les fins a la data d'anàlisi.	

Taula 12: Procediment per a la preparació dels grups d'experimentació. Elaboració pròpia.

10.4.2 PER A LA RECOLLIDA DE FRAGMENTS BIOEROSIONATS

En aquesta part es busquen i es col·loquen en plaques de petri els microplàstics bioerosionats dels grups 1, 2 i 3 durant els 5 dies d'experimentació. Es realitza amb la mateixa tècnica que es fa servir en l'estudi preliminar, amb la diferència que la xarxa es passa per l'aquari diverses vegades amb la mà.

El material que s'utilitza és el següent:

- 3 pots de vidre
- Xarxa de recollida de microplàstics
- Lupa
- Safata
- 2 pinces
- Paper de filtre
- Tamís
- 3 plaques de Petri

El procediment realitzat és l'exposat següidament:

PAS	PROCEDIMENT	IMATGE
1	Passar la xarxa diverses vegades per tots els racons de l'aquari.	
2	Passar el contingut de la xarxa a un pot de vidre seguint el procediment del pas 2 de l'apartat 9.4 d'aquest treball.	
3	Analitzar la mostra de la mateixa manera que a l'apartat 9.5 d'aquest treball.	
4	Posar els plàstics en una placa de petri.	

Taula 13: Procediment per a la recollida de fragments bioerosinats. Elaboració pròpia.

10.4.3 PER A L'ANÀLISI DE LES MOSTRES

Aquesta anàlisi es realitza partint d'un procediment facilitat per l'IRTA la Ràpita amb el que detecten microplàstics de les llacunes del Delta de l'Ebre. Aquest procediment s'adapta per detectar microplàstics del contingut estomacal i les gònades de les mostres.

Per analitzar les mostres s'utilitza el material següent:

- Solució concentrada de NaCl
- H₂O₂
- Vaso de precipitats de vidre
- Placa calefactora
- Agitador amb temperatura
- Paper de filtre
- Tamís i colador
- Pipetes Pasteur
- Balança
- 4 Plaques de Petri
- Vareta de vidre
- Tisoires
- Cronòmetres
- Termòmetre
- Espàtula
- Cullera
- Safates
- Bols de vidre i morter

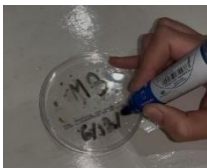
El procediment seguit per analitzar si hi ha presència o absència de microplàstics en les 4 mostres és el següent:

PAS	PROCEDIMENT	TEMPS (minuts)	IMATGE
1	Preparar la solució de NaCl concentrat en un vas de precipitats.	5	
2	Preparar un vas de precipitats amb H ₂ O ₂ al 30%.	5	
3	Descongelar el recipient amb les garotes.	60	
4	Obrir amb unes tisores les garotes de la mostra.	10	
5	Buidar l'interior de cada garota en un bol de vidre.	5	
6	Triturar amb un morter el contingut del bol.	5	

7	Pesar el contingut de la mostra amb una balança.	0,5	
8	Abocar el contingut en un vas de precipitats.	3	
9	Afegir 10 ml d'NaCl i 10 ml de H ₂ O ₂ al vas de precipitats amb una pipeta.	1	
10	Marcar el vas.	0.5	
11	Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm en un agitador a temperatura.	30	
12	Treure la mostra de l'agitador i deixar-la reposar en un escalfador a 50°C.	30	

13	Deixar reposar a T ^a ambient.	30	
14	Filtrar amb un paper de filtre el contingut del vas i amb una espàtula abocar el que quedi en el filtre a un altre vas de precipitats net.	10	
15	Afegir en el vas 10ml de dissolució d'NaCl i 10ml de H ₂ O ₂ amb una pipeta.	5	
16	Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm.	30	
17	Treure la mostra de l'agitador i deixar-la reposar en un escalfador a 50°C.	30	

18	Deixar reposar a T ^a ambient.	30	
19	Filtrar amb un paper de filtre el contingut del vas i amb una espàtula abocar el que quedi en el filtre a un altre vas de precipitats net.	10	 
20	Introduir 10mL de H ₂ O ₂ al 30%, escalfar a 50°C i agitar a 200rpm.	30	 
21	Treure la mostra de l'agitador i deixar-la reposar en un escalfador a 50°C.	30	

22	Deixar reposar a T ^a ambient.	30	
23	Filtrar el contingut i posar el que quedi al filtre en una placa de petri.	4	
24	Etiquetar la mostra.	1	
25	Deixar assecar 24-48 hores.	1440-2880	

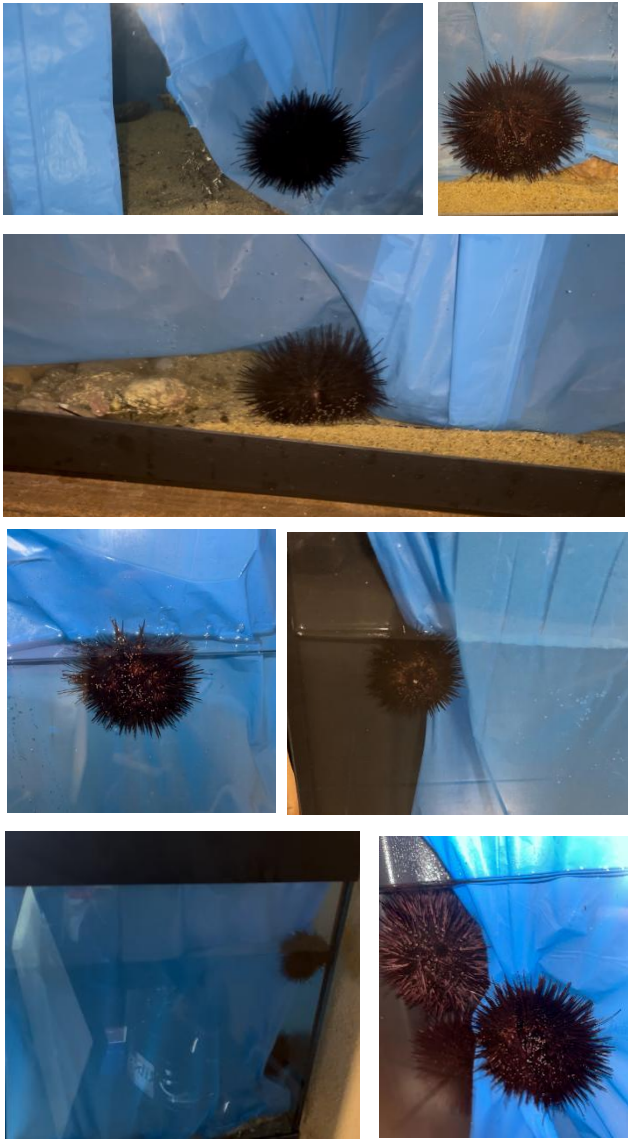
Taula 14: Procediment de laboratori per a l'anàlisi de les gònades i el contingut estomacal de les *P. lividus*, seguint el protocol de detecció de plàstics. Elaboració pròpia a partir del protocol facilitat per l'IRTA La Ràpita

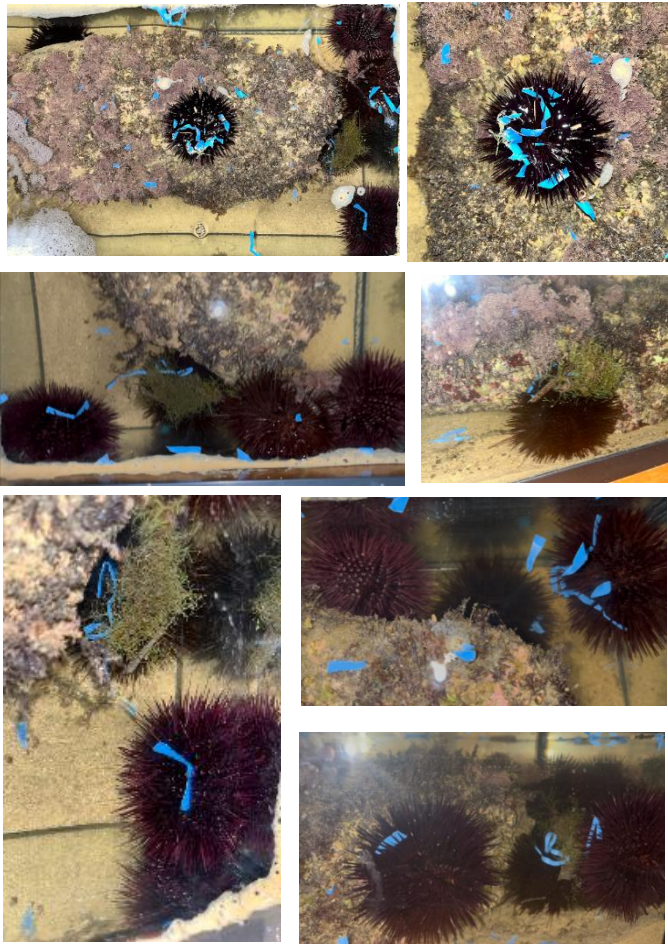
10.5 SEGUIMENT DELS GRUPS

Com ja s'ha explicat, els individus de cada grup han estat sotmesos durant cinc dies a l'experimentació. El comportament que han tingut al llarg de l'experiment és l'exposat seguidament:

GRUP	IMATGE	OBSERVACIONS
G1		Els individus tendeixen a col·locar-se al vidre.

G2		Els individus del grup eviten el plàstic i es col·loquen a les parets.
		A excepció d'un individu que els dos últims dies es col·loca sobre el polietilè.
G3		El primer dia tots els individus es troben en contacte amb el polietilè.
		El segon dia continuen en contacte, però alguns busquen possibles sortides per deixar d'estar en contacte amb el polietilè.

		A partir del segon i tercer dia els individus aparten el polietilè i la majoria d'ells es col·loquen a les parets de vidre de l'aquari.
		El quart dia, es veu un forat en el polietilè a prop d'un dels individus que restava sobre el plàstic.

G4		Els microplàstics es col·loquen a l'exoesquelet dels <i>P. lividus</i> durant els cinc dies.
----	---	---

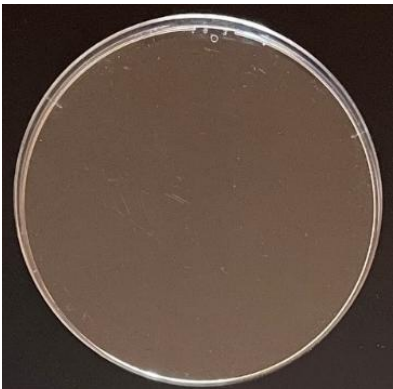
Taula 14: Graella d'observació i fotografies de seguiment dels individus durant l'experimentació.
Elaboració pròpia.

10.6 RECOLLIDA I ANÀLISI DE RESULTATS

Els resultats obtinguts són classificats segons les dues variables que intervenen en l'experimentació:

10.6.1. PER A LA VARIABLE DEL PROCÉS DE BIOEROSIÓ

Els fragments de microplàstics trobats en l'aigua dels grups 1, 2 i 3 són els següents:

GRUP	IMATGE	Nº DE MICROPLÀSTICS
G1		0

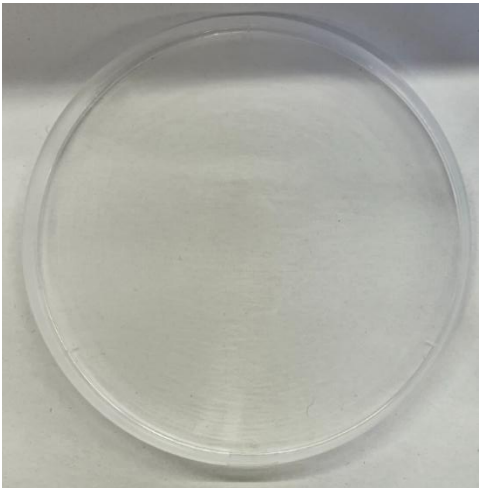
G2		1
G3		2

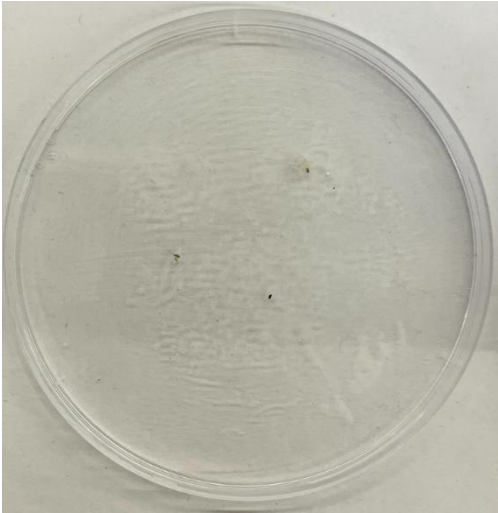
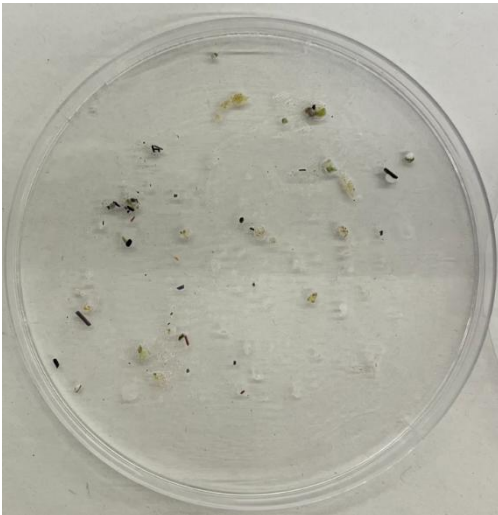
Taula 15: Recompte i imatge dels fragments de microplàstics bioerosionats durant l'experimentació.
Elaboració pròpia.

L'aigua del grup 4 no es té en compte en aquesta variable, ja que seria impossible diferenciar si els fragments trobats són bioerosionats o formen part dels 135 inserits voluntàriament.

10.6.2. PER A LA VARIABLE D'INGESTA DE PLÀSTIC

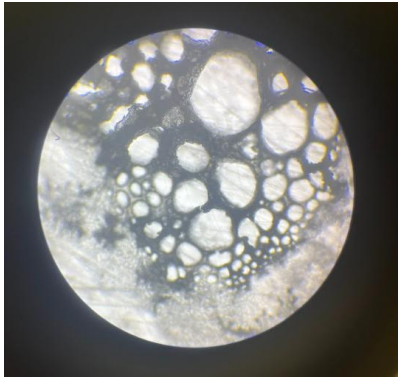
Després de sotmetre totes les mostres al procediment descrit a l'apartat 10.4.3 s'obté el següent resultat:

MOSTRA	IMATGE	OBSERVACIONS
M1		L'H ₂ O ₂ ha degradat tota la matèria orgànica de la mostra i no s'observa res. No hi ha microplàstics.

M2		Hi ha molt pocs fragments i els que hi ha són restes de matèria orgànica, és a dir, restes que no s'han acabat de descompondre amb l'H₂O₂ de l'exoesquelet i algun fragment d'espina. Ni a simple vista ni amb lupa es veu cap microplàstic.
M3		Hi ha fragments de matèria orgànica dels individus. Es veuen restes de l'exoesquelet i algun fragment d'espina. Ni a simple vista ni amb lupa es veu cap microplàstic.
M4		La majoria dels fragments que hi ha són restes de l'exoesquelet i d'espines. Hi ha un punt de color blau que podria ser polietilè, tot i que el tacte que té no s'assembla al d'un plàstic.

Taula 16: Resultats obtinguts a partir de l'anàlisi de laboratori de les gònades i els contingut estomacal de les *P. lividus* després de l'experimentació. Elaboració pròpia.

El contingut d'aquestes plaques de petri s'observa al microscopi òptic:



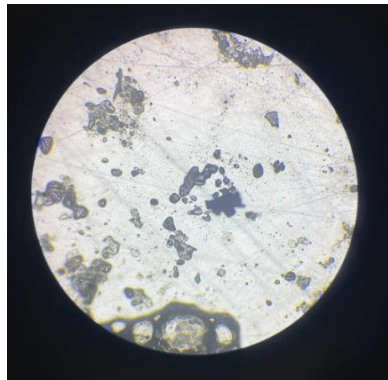
Imatge 71: Matèria orgànica d'M2 vista a 40 augments.



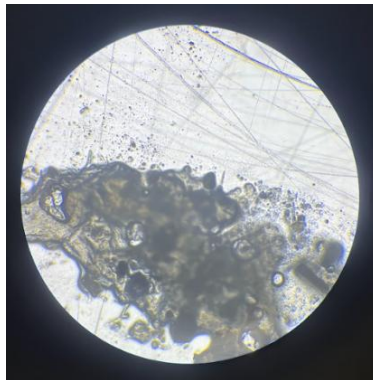
Imatge 72: Fragment d'espina de P.lividus d'M3 vist a 40 augments.



Imatge 73: Barreja d'espines, exoesquelet i matèria orgànica d'M3 vist a 40 augments.



Imatge 74: Fragments d'espines, exoesquelet i matèria orgànica d'M3 vist a 40 augments.



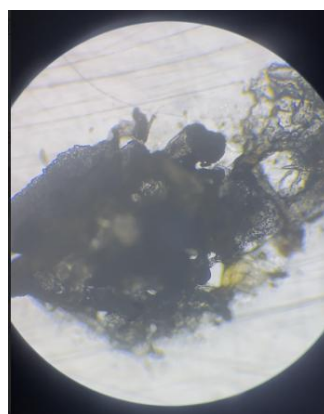
Imatge 75: Matèria orgànica d'M4 vista a 100 augments.



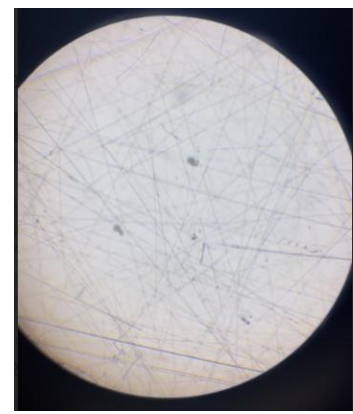
Imatge 76: Matèria orgànica d'M4 vista a 40 augments.



Imatge 77: Matèria orgànica d'M4 vista a 100 augments.



Imatge 78: Matèria orgànica d'M4 vist a 40 augments.



Imatge 79: M1 vist a 100 augments.

Amb microscopi òptic, no s'aconsegueix distingir cap fragment de microplàstic de cap mostra.

10.7 CONCLUSIONS DE L'ESTUDI PRELIMINAR I DE LABORATORI

Les conclusions a les quals s'arriba després de realitzar tot l'estudi són les següents:

- Durant els mesos de juliol i agost, l'aigua superficial de les platges de Roses conté microplàstics en major proporció que mesoplàstics i macroplàstics. Aquests resultats coincideixen amb altres estudis realitzats, tant a Roses com a altres platges del Mediterrani, com per exemple, el de William P. de Haan et al. (2022).
- Els corrents, la direcció i la velocitat del vent, les precipitacions i la localització geogràfica de la zona són factors que poden influir en els pics de contaminació per microplàstics a les zones de costa.
- Les aigües superficials de la zona de la depuradora de la platja dels Palangrers és la més contaminada de les zones estudiades.
- Els individus de *P.lividus* tendeixen a evitar el contacte amb el plàstic i sempre que és possible busquen zones lliures de plàstic.
- Si no poden evitar el plàstic, hi interaccionen: bé erosionant-lo, bé apartant-lo o bé se'l queden enganxat entre les punxes.
- Tot i l'evident interacció de les garotes amb el plàstic i els microplàstics, en condicions d'extrema contaminació amb polietilè (2000 vegades més que el trobat a les platges de Roses els mesos de juliol i agost), en aquest treball no s'ha pogut demostrar que l'ingereixen, ja que amb els mitjans disponibles, no s'han detectat restes de microplàstics a les mostres.

Per tant, es corrobora la hipòtesi inicial de manera parcial, car es pot afirmar que els individus de *P.lividus* interaccionen amb el plàstic a mesura que l'aigua on habiten es va contaminant i actuen com a agents bioerosionadors de macroplàstics generant microplàstics, però, tot i això, no es confirma que l'ingereixin, ja que no s'han trobat restes de microplàstics en les mostres recollides.

11. CONCLUSIONS FINALS

En arribar a aquest punt del treball, és moment de mirar enrere i fer una valoració general de tot l'estudi, en especial de l'assoliment dels objectius. Així doncs, puc afirmar que s'han complert tots els objectius establerts inicialment, tant els teòrics: saber què són els microplàstics i com afecten els ecosistemes marins; com els pràctics: fer una aproximació de la quantitat de microplàstics presents a les platges de Roses durant el període de més turisme, observar sistemàticament, en laboratori, com respon l'espècie de garota *P. lividus* al contacte amb els plàstics i microplàstics i analitzar si el *P. lividus* ingereix microplàstics.

Pel que fa als resultats, una vegada finalitzades les conclusions de l'estudi, tant del preliminar com el de laboratori, s'accepta la hipòtesi parcialment, ja que es pot afirmar que els individus de *P. lividus* interaccionen amb el plàstic a mesura que l'aigua on habiten es va contaminant i actuen com a agents bioerosionadors de macroplàstics generant microplàstics, tot i que no es confirma que l'ingereixin en no trobar restes de microplàstics en les mostres recollides. Ara bé, durant tot l'estudi hi ha hagut algunes limitacions que potser són les que han fet que no s'arribessin a trobar microplàstics en cap mostra, com per exemple: no tenir una filtradora al buit durant el procediment d'anàlisi de les mostres, o un espectròmetre d'infraroig (FT-IR) per caracteritzar els fragments de plàstics trobats durant els mostrejos de les tres zones o per mirar l'estructura de les restes trobades en finalitzar el procediment d'anàlisi.

Després de més d'un any de feina feta amb molta dedicació i constància, tot i que durant el camí m'han sorgit bastants dubtes i complicacions, personalment considero que puc estar molt contenta del treball que he aconseguit fer.

Aquesta investigació m'ha demostrat que les coses no surten a la primera i que tot necessita temps. També m'ha aportat una experiència enriquidora que mai oblidaré.

Reflexionant després de tota la feina feta, trobo que no som del tot conscients que el plàstic és un material que es troba per tot arreu, actualment, fins i tot en les platges i cales del cap de Creus, encara que ens sembli que estan netes, hi ha microplàstics que es mouen pels ecosistemes i interaccionen amb les espècies que hi habiten. Sabem que la possibilitat d'ingesta de microplàstics existeix, i que aquesta té efectes negatius per totes les espècies, inclosa l'espècie humana. És important que siguem conscients dels perills que comporta pel medi ambient i per la salut de totes les espècies l'abocament de plàstics al mar i, per tant, de la necessitat de mantenir les platges netes. Finalment, afirmar que és imprescindible fer una reducció de l'ús de plàstic i una bona gestió dels residus en terra, si volem aconseguir disminuir la contaminació per microplàstics en el mar.

12. BIBLIOGRAFIA

Allain, J. Y., 1975: Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (*Echinodermata, Echinoidea*) soumises à la pêche sur la Côte Nord de Bretagne. Recl Trav. Inst. pêches Marit., 39 (2): 171–212.

Azzolina, J. F., 1988: Contribution a l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck). Croissance, recrutement, mortalité, migrations. PhD Thesis, Faculté des Sciences de Luminy, Université d'Aix-Marseille II, Marseille ; 241 pp.

Camins, E., de Haan, W.P., Salvo, V., Canals, M., Raffard, A, Sanchez-Vidal, A (2020), Paddle surfing for science on microplastic pollution, a Science of The Total Environment, Volume 709,
Disponible a: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136178>

Dades de l'estació automàtica Roses, Meteocat, [Internet]. Catalunya: Servei Meteorològic de Catalunya (meteo.cat); Disponible a: <https://www.meteo.cat/observacions/xema/dades?codi=D4&dia=2025-07-21T00:00Z>

De Haan, W. P i al (2022) Floating microplastic loads in the nearshore revealed through citizen science. *Research Letters*, volum 17, núm. 4. Disponible a: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5df1>

Dimitrios Vafidis, Chryssanthi Antoniadou and Vassiliki Ioannidi. Population Density, Size Structure, and Reproductive Cycle of the Comestible Sea Urchin *Sphaerechinus granularis* (Echinodermata: *Echinoidea*) in the Pagasitikos Gulf (Aegean Sea). Published: 26 August 2020.

Formery, L., Wakefield, A., Gesson, M., Toisoul, L., Lhomond (2022). Developmental atlas of the indirect-developing sea urchin *Paracentrotus lividus*: From fertilization to juvenile stages. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. Disponible a https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-life-cycle-of-the-sea-urchin-Paracentrotus-lividus_fig2_364938465 [última consulta 05/10/25]

Franzellitti S, Guerranti C, Scopetani C, Renzi M, Fabbri E. Effects of microplastics and leachates on marine invertebrates: A review of toxicological and molecular responses [Internet]. Amsterdam: Elsevier; 2023 [actualitzada 2023; citada 20/05/2025]. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X23010482>

García, S. (2009). Referencias históricas y evolución de los plásticos. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 10(1), 71-80. Disponible a: <https://reviberpol.org/wp-content/uploads/2019/07/2009-garcia.pdf> [última consulta: 02.11.25]

Geenpeace España. Departamento científico (2016). Plásticos en el pescado y el marisco [en línea]. Disponible a: https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/Plasticos_en_el_pescado_y_el_mariscoLR.pdf [última consulta 04/11/25]

González-Pleiter M, Edo C, Aguilera Á, Viúdez-Moreiras D, Pulido-Reyes G, González-Toril E, et al. Occurrence and transport of microplastics in a Mediterranean river catchment: The role of wastewater treatment plants and hydrological conditions [Internet]. Amsterdam: Elsevier; 2021 [actualitzada 2021; citada 20/05/2025]. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352485521002474>

Hàbitats marins del Parc Natural del Cap de Creus [Internet]. Catalunya: Generalitat de Catalunya, Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Disponible a: <https://parcsnaturals.gencat.cat/ca/xarxa-de-parcs/cap-creus/el-parc/patrimoni-natural-i-cultural/habitats/habitats-marins/>

Història Natural dels països Catalans. Invertebrats no artròpodes. Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona, 1991. Pàgines 512-517.

Lozano RL, García-Cubas A, Rivas M. The sea urchin *Paracentrotus lividus* as a bioeroder of plastic [Internet]. Disponible a: https://www.researchgate.net/publication/334722545_The_sea_urchin_Paracentrotus_lividus_as_a_bioeroder_of_plastic

Materials [Internet]. Barcelona: Universitat de Barcelona; citada 20/11/2025. Disponible a: <https://www.ub.edu/cmematerials/ca/content/polietil%C3%A8-dalta-densitat.html>

Pere Molera i Solà; Marc J. Anglada i Gomila; *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*, Llibre I, Edicions Reverté, 1995

Philippe J. Tomás et al. (2020). *Toxicidad leve de microplásticos de poliestireno y polimetilmetacrilato en etapas tempranas de la vida de Paracentrotus lividus*. A la revista *Marine Environmental Research* Volum 161, octubre 2020. Disponible a: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105132> [última consulta: 09/11/25]

Plastico.com. (2023). *Polietileno: un panorama sobre sus propiedades, aplicaciones y futuro*. [en línea] Disponible a: <https://www.plastico.com/es/noticias/polietileno-un-panorama-sobre-sus-propiedades-aplicaciones-y-futuro> [última consulta: 08/11/25]

Porter A, Smith KE, Lewis C. The sea urchin *Paracentrotus lividus* as a bioeroder of plastic. (2019) Nov 25;693:133621. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133621. Epub 2019 Jul 27. Disponible a. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133621> [última consulta: 08/11/25]

Projecte "Un mar sin basuraleza" [Internet]. Barcelona: SUBMON; [actualitzada 2025; citada 20/05/2025]. Disponible a: <https://www.submon.org/tag/projecte-un-mar-sense-basuraleza/>

Rahmawati, Krisanti, M., Riani. Microplastic contamination in the digestive tract of sea urchins (Echinodermata: *Echinoidea*) in Kepulauan Seribu, Indonesia. Environ Monit Assess 195, 1103 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11655-2>

Samaniego, J. et al. *Trazabilidad y contabilidad del plástico mediante el sistema A.P.A.*, Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/69), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

Surfing for Science [Internet]. Barcelona: Universitat de Barcelona; [actualitzada 2025; citada 20/05/2025]. Disponible a: <https://web.ub.edu/web/ciencia-ciudadana/surfing-for-science>

William P. de Haan, Anna Sanchez-Vidal, Miquel Canals (2019) "Floating microplastics and aggregate formation in the Western Mediterranean Sea". A Revista Marine Pollution Bulletin, vol. 140 pàg 523-535

ANNEXOS

ANNEX 1: ENTREVISTA AMB NÚRIA SAGRISTÀ I VISITA A L'IRTA LA RÀPITA

ANNEX 2: ENTREVISTA AMB L'ALBERT MASMARTÍ

ANNEX 3: ENTREVISTA AMB LUÍS MARTÍNEZ SAMBLÁS

ANNEX 4: DIRECCIÓ DEL VENT I ORIENTACIÓ GEOGRÀFICA DE LES ZONES

ANNEX 5: TIPUS DE PLÀSTIC SEGONS EL SEU RECICLATGE

ANNEX 6: TEMPORITZACIÓ DE L'ANÀLISI AL LABORATORI

ANNEX 1: ENTREVISTA AMB NÚRIA SAGRISTÀ I VISITA A L'IRTA LA RÀPITA



Imatge 80: Instal·lacions del Centre IRTA de la Ràpita (Tarragona)

Entrevista i visita guiada pels laboratoris de l'IRTA⁴⁵ la Ràpita (St. Carles de la Ràpita, Tarragona) amb Núria Sagristà Vidal, tècnica de laboratori d'aigües marines i continentals, el 20 de juny de 2025.

- **Bon dia, Núria. En primer lloc, moltes gràcies per autoritzar-me a entrar a les instal·lacions de l'IRTA i poder conèixer quina és la vostra feina aquí.**
- *Bon dia. Aquí fem feines molt variades, estem en el programa de recerca d'aigües marines i continentals; treballem analitzant la qualitat de l'aigua per assegurar la seguretat alimentària, detectem el fitoplàncton tòxic, estudiem la dinàmica de les seves poblacions i avaluem la concentració de toxines, utilitzem bioindicadors per controlar la qualitat ecològica dels ecosistemes aquàtics, afavorim la conservació i la reintroducció d'espècies en perill d'extinció, entre d'altres.*
- **En què esteu treballant ara?**
- *Per exemple, ara mateix jo, juntament amb altres companys, estem analitzant el marisc. Per la seguretat alimentària dels consumidors, fem*

⁴⁵ L'IRTA és l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària depèn de la Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació.

proves a l'aigua i als individus. Sobretot mirem indicadors d'E. coli⁴⁶, que és un bacteri present a les aigües fecals. L'indicador d' E. coli positiu pot ser causat per pluges fortes o abocaments i pot posar en risc la salut de la persona que es mengi l'aliment contaminat.

- **Com sabeu si una mostra està contaminada?**

- *En marisc, està permès fins a 230 UFC/100 g, si una mostra supera aquest paràmetre, es tanca la zona de pesca i de comercialització, i s'espera una setmana fins que es torna a fer la prova d'E. coli per veure si la zona torna a ser apte per obrir-la. No en totes les espècies està permesa la mateixa quantitat d'E. Coli, per exemple els bivalves, que són filtradors es permet fins a 4600 UFC/100 g. A més a més, es classifiquen per zones segons la quantitat de nivell d'indicadors microbiològics permesa.*

- **Treballeu amb garotes, també?**

- *Sí, les garotes no són filtradores com els bivalves i no es classifiquen per zones. Els paràmetres microbiològics d'E. Coli no poden superar els 230 UFC/100g. En garotes, igual que en altres espècies, busquem tres tipus de toxines per les quals poden estar contaminades i afectar la salut del consumidor. Aquestes toxines són: les lipofíliques (DSP) són produïdes per les microalgues i provoquen mal de panxa i diarrees; les PSP, són unes toxines paralitzants, es fan proves cada 15 dies; i les ASP que provoquen amnèsia.*

Si es detecten toxines es marca la zona com a nivell d'alerta i s'augmenten els controls i si superen els nivells establerts es tanca la zona de pesca i de comercialització.

Aquestes toxines no provoquen la mort de l'individu, sinó que afecten la salut del consumidor.

Quina és la part pràctica del teu treball?

- **Doncs tenia pensat fer una primera part on fer un mostreig dels microplàstics en tres zones del cap de Creus on hi ha poblacions de garotes i pensava també mesurar diferents paràmetres cada dia que faci els mostrejos.**

⁴⁶ L'E. Coli (*Escherichia coli*) és un eubacteri que pot provocar una infecció al tub digestiu, a les vies urinàries o a moltes altres parts de l'organisme.

- *Doncs per fer això has d'agafar tres zones on l'aigua sigui bastant diferent per poder fer la comparació.*
- **Vosaltres quins paràmetres mireu quan analitzeu garotes?**
- *Els paràmetres que nosaltres mirem són les toxines i els microbiològics per veure si la garota és apta pel consum humà. Els paràmetres que tu pots mirar poden ser la temperatura, el pH i la salinitat. Nosaltres també mirem la quantitat d'oxigen a l'aigua, però ho fem més encarat a les proliferacions de fitoplàncton. Aquests paràmetres nosaltres els mirem amb una sonda, però es poden comprar kits que ho analitzen també i són bastant econòmics.*
- **D'acord, doncs ja miraré els kits. Després tinc pensat fer una segona part on, quan acabi el període de veda, agafar garotes, posar-les en aquaris, anar introduint diferents quantitats de plàstics triturats i mirar a l'interior de la garota. Fins que vegi que la garota ha ingerit el plàstic. I, posteriorment, faria la comparació de la quantitat que hi ha de plàstic a les platges de Roses i la quantitat a partir de la qual la garota l'ingereix.**
- *Està molt bé, nosaltres no hem fet cap recerca directament amb microplàstics i éssers vius, però vam fer un estudi sobre els microplàstics que hi havia en els sediments de cinc llacunes i un arrossar del Delta de l'Ebre. El procediment que vam seguir per extraure MPs de sediments bentònics va consistir en repetides separacions per densitat utilitzant l'Oxidació amb Peròxid Humit per eliminar la presència de matèria orgànica. Ja t'enviaré el protocol escrit que tenim sobre com ho fèiem. També has de tenir en compte a l'hora d'introduir els plàstics a les peixeres que els plàstics suren i que les garotes es mengen l'aliment de les roques, per tant, el que jo faria seria baixar el nivell de l'aigua de la peixera, introduir el plàstic i barrejar-lo amb el substrat que hi posis i emplenar la peixera d'aigua.*
- **Perfecte.**
- *Si has d'analitzar garotes i no tens els materials o les màquines necessàries a l'institut pots venir els dies que necessitis als nostres laboratoris a fer-ho. Ens avises i et pots quedar 4-5 dies aquí si vols.*
- **Ah! doncs moltes gràcies, ja miraré si a Roses tenim tot el que necessito per fer-ho i si no, ja us aviso.**

- *També, si mires les dades de l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) trobaràs l'anàlisi de totes les platges de Catalunya, aquí trobaràs que actualitzen les dades cada setmana i hi ha molta informació de què miren i les diferències entre la qualitat de l'aigua de totes les platges. Aquestes dades et poden servir cares a la primera part del teu treball. A més a més, també et pot ser útil durant la teva recerca el CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) i l'ICM (Institut de Ciències del Mar) que són dos centres de recerca científica sobre el mar.*

Doncs ara si vols podem acabar fent una visita per les instal·lacions del centre.

- **Sí, perfecte.**
- *Aquí tenim el laboratori on analitzem microalgues i les mirem amb microscopi o amb la lupa binocular.*



Imatge 81: Lupa binocular i mostres de microalgues



Imatge 82: Mostres de microalgues

Si continuem per aquest passadís trobem un laboratori on ara mateix estan treballant en l'anàlisi de les toxines que pugui tenir algun aliment.

També podem veure la sala on hi ha els ordinadors que és on es fa la divulgació dels treballs que fem en el centre.

Per aquí trobem més laboratoris, aquest és on s'analitza el fitoplàncton.



Imatge 83: Laboratori de fitoplàncton

Més endavant podem veure la cambra on es guarden mostres. Com pots notar, la temperatura dins la cambra és molt baixa.

Després si pugem les escales hi ha la part de dalt on hi ha els despatxos.

I finalment el vestíbul amb una terrassa, al centre, amb taules.



Imatge 84: Vestíbul



Imatge 85: Recepció / entrada

- **Doncs moltes gràcies per la visita, ha estat molt interessant i m'ha ajudat molt pel meu treball. Molt agraïda.**
- *De res, m'alegro que t'hagi servit, si necessites les nostres instal·lacions m'envies un correu i programem l'estada i si t'ha quedat algun dubte també em pots escriure.*

ANNEX 2: ENTREVISTA AMB ALBERT MASMARTÍ



Imatge 86: Portada del treball de fi de grau de l'Albert Masmartí

Entrevista presencial amb Albert Masmartí a les oficines del GEN Roses. És graduat en Ciències Ambientals per la UdG, té un màster en Oceanografia per la UB i dins el marc del seu treball de fi de carrera va ser col·laborador del projecte “Surfing for Science”.

- **Tinc entès que vas fer un treball de fi de carrera sobre la contaminació de microplàstics al mar. En què consistia aquesta recerca exactament?**

- *El meu treball estava dins del projecte Surfing for Science. Vaig fer la part de ciència ciutadana del projecte de manera que el GEN es va inscriure com a voluntari i es feia mostreig cada quinze dies a la platja de la Punta, des de la rampa del GEN fins als espigons. Vaig realitzar els mostrejos amb un rem de mar. Fèiem mostrejos d'una milla, aproximadament, que mesuràvem amb el Wikiloc mentre remàvem, abocàvem tot el contingut en una bossa, la congelàvem i la portàvem a Girona. Jo a Girona, a un laboratori de la UdG filtrava la mostra, feia el triat i tot el procediment d'anàlisi. Després anava a Barcelona i amb un espectròmetre d'infraroig caracteritzava el tipus de plàstic.*

Per analitzar els resultats, entre altres coses, vaig fer un estudi dels vents i les precipitacions de tot l'any a Roses i vaig buscar la correlació entre aquestes dues variables i els pics de plàstics.

- **Quin any vas realitzar aquesta recerca?**

- *El 2023 vaig entregar el treball i vaig estar un any fent la recerca.*
- **Quins van ser els resultats?**
- *Ja et passaré el meu treball perquè te'l miris. Però així en general, vaig fer un estudi de gairebé tot un any i al desembre va ser quan vaig trobar el pic de plàstics més significatiu, dominaven els microplàstics per sobre dels mesoplàstics i macroplàstics, i el tipus de polímer predominant em va sortir el HDPE (polietilè d'alta densitat), després d'observar-los amb la tècnica d'espectrometria d'infraroig. Vaig trobar, també que les variables meteorològiques eren un factor determinant.*
- **En una part del meu treball he fet un estudi sobre els microplàstics superficials de diferents platges del cap de Creus durant els mesos d'estiu. Quins són els factors principals que fan que hi hagi microplàstics superficials?**
- *D'una banda, el vent i, d'altra banda, les precipitacions. Tot el que has trobat són plàstics flotants, que es mouen pels corrents superficials, el 95% d'aquests corrents estan generades pel vent. El vent posa en moviment l'aigua de la superfície i es generen corrents que mouen els microplàstics. La pluja també és un factor important perquè l'aigua dels rius porta microplàstics. Per exemple, quan plou s'omple la riera i tot desemboca al mar.*
- **Què utilitzaves en el teu treball per recollir els plàstics?**
- *Usava la mateixa malla que van fer servir en el projecte de Surfing for Science, però abans d'usar aquesta vaig crear una de mida més petita que és la que et vaig deixar.*

- **Sí, em va anar molt bé, moltes gràcies. Quin procediment seguies per analitzar les mostres que agafaves?**
- *El mateix que feien servir en el projecte: primer feia el recorregut nedant, després buidava el contingut de la xarxa, passant aigua dolça i ho abocava tot en un pot de vidre. Posteriorment, al laboratori agafava amb pinces els plàstics flotants i posar-los sobre un paper de filtre per eliminar tota l'aigua, abocava el contingut del pot sobre un tamís i buscar els plàstics, agafava amb unes pinces els plàstics, repetia l'abocament i la selecció fins a analitzar tot el contingut del pot i finalment, ordenava els plàstics en una placa de petri segons la seva forma i color. Si en algun mostreig agafava algues o tentacles de meduses, que em va passar, repassava que no hi hagués cap plàstic entremig també.*
- **Quin tipus de plàstic és el més abundant que vas trobar durant la teva recerca?**
- *El HDPE (polietilè d'alta densitat).*
- **Com puc saber el tipus de plàstic més abundant que he trobat en el meu estudi?**
- *Amb precisió amb la tècnica d'espectrometria d'infraroig, però pots fer una aproximació del tipus de plàstic que és per la forma que té sabent la forma en la qual el macroplàstic passa a microplàstic, ja que cada plàstic ho fa d'una forma determinada, ja pot ser en làmines, en fils...*
- **La meva tutora m'ha proposat calcular la quantitat de plàstic per superfície que faig nedant amb la xarxa, calculant el volum d'aigua mostrejada multiplicant els metres mostrejats per l'àrea de la circumferència de la xarxa. De quina manera calculaves el volum mostrejat en el teu treball?**

- *Exacte, jo ho feia d'aquesta manera, està molt ben pensat, fes-ho així.*
- **La meva recerca va encarada a la interacció que tenen les garotes amb el plàstic i tinc pensat fer una recerca de laboratori per saber a partir de quina quantitat la garota ingereix plàstic. Com puc passar la quantitat que he trobat en el mar a l'aquari?**
- *El primer que has de saber és que les *Paracentrotus lividus* són herbívores i si vols fer que es mengin el plàstic l'has d'incloure en la seva dieta. El procés natural d'ingesta de microplàstics que passa realment a l'aigua és la següent: un plàstic, per exemple un mesoplàstic flota, té llum solar i tot el que flota pel mar al voltant. Amb un suport i llum solar les algues es poden posar sobre el plàstic i créixer, llavors per pes s'enfonsa i queda a disposició de les garotes. Aquest seria l'escenari principal on la garota menjaria plàstic, ja que té algues per sobre, es va a menjar les algues i es menja indirectament el plàstic. El que pots fer és buscar un tros de plàstic que ja tingui algues i posar-lo directament a l'aquari. Els pots anar a buscar a l'espigó de la platja de la Punta que segur que els trobes fàcil.*
- **D'acord, però d'aquesta manera no podré comptabilitzar la quantitat de plàstic amb la que contamina l'aigua de l'aquari en la que viuran les garotes.**
- *Sí, és veritat.*
- **Bé, no passa res, ja pensaré alguna manera de fer-ho. Aquí acaben les meves preguntes. Moltes gràcies per ajudar-me i per haver-me deixat la xarxa.**

- *Si necessites alguna altra informació o el que sigui no dubtis a demanar-m'ho. I quan pugui ja t'enviaré el meu treball.*
- **Moltes gràcies.**

ANNEX 3: ENTREVISTA AMB LLUÍS MARTÍNEZ SAMBLÁS



Imatge 87: Lluís Martínez agafant garotes a Cala Rostella el 29 de març del 2025. Font: L.M.S.

Entrevista presencial amb Lluís Martínez Samblás, pescador de garotes de Roses.

- **Bon dia, moltes gràcies per permetre'm entrevistar-te. Em podries fer una breu presentació sobre la teva feina com a pescador?**
- *Hola, jo soc mariscador, treballo sis mesos de l'any agafant garotes i els altres sis mesos amb un altre tipus de pesca, com la del calamar o el palangre. Temps endarrere havia treballat en un altre tipus de pesca, que és el de la teranyina.*
- **En què consisteix la teva feina com a mariscador de garotes?**
- *Consisteix a baixar a pulmó, amb un tipus de ganxo per no punxar-me, i agafar garotes que després les venc a la plaça del peix. Utilitzo un neoprè, aletes de submarinisme, ulleres i tub, una boia i un tipus de bossa on vaig posant les garotes.*

- **Durant quants períodes de l'any hi treballes?**
- *Treballo des de l'1 d'octubre, que aquest mes més aviat només treballo dues o tres vegades a la setmana perquè encara estan molt calentes les aigües, fins al 31 de març.*
- **Quins problemes o dificultats trobes a l'hora d'agafar-les?**
- *Si hi ha mala mar es fa més difícil la feina o si les garotes es troben a molta profunditat, com les que habiten la posidònia que són les que costen més de veure i agafar. Però generalment no hi sol haver gaires problemes a l'hora d'agafar-les.*
- **A quines zones del cap de Creus sols trobar més abundància d'individus?**
- *Si mirem tot el Cap de Creus on més hi ha és a Llançà, Port de la Selva, per la seva zona rocosa.*
- **I de Roses?**
- *A Roses hi ha tres o quatre zones on n'hi ha, però no tanta quantitat com de Cadaqués cap amunt.*
- **On agafes normalment les garotes?**
- *A partir de l'antiga depuradora, al far, a sota de Canyelles, a l'hotel Vistabella i sota l'hotel Almadrava, una altra roca que hi ha i després, ja, Punta Falconera i alguna cala com la Rostella, però més enllà ja no s'hi troba tanta abundància.*
- **Quins són els principals llocs on trobes enganxades les garotes (roques llises, entre escletxes...)?**
- *Depèn, si fa mal temps trobo les garotes amb pedres posades per sobre i si fa bon temps veig que caminen més i veig per on han passat.*
- **Com veus per on han passat?**
- *Veig tota la pedra blanca, veig que s'han menjat tot l'alguer de la roca.*
- **De què s'alimenten les garotes?**

- *De tota mena d'algues que s'enganxen a la roca i de posidònia.*
- **Hi ha algun període de l'any en què hagi de canviar de zona de pesquera perquè deixa d'haver-hi en aquella zona i passa a haver-hi en una altra?**
- *Vaig pescant un parell de dies en cada zona i deixo l'altra zona reposar i vaig fent així. Agafo les justes perquè no baixi el preu a la plaça.*
- **Quants dies deixes més o menys reposar? Quan tornes trobes que ha augmentat la població?**
- *La veritat és que mai augmenta gaire, ja que a part de nosaltres (els professionals) hi ha tots els pescadors esportius que poden anar agafant i com que les garotes també poden estar a un pam de l'aigua, les agafa tothom que vol.*
- **Totes les èpoques de l'any la gònada de l'animal està de la mateixa manera?**
- *No, com més vermelles i més bones es posen és del mes de gener al març, a menys que hi hagi hagut algun temporal, perquè amb el llevant i la mala mar se solen buidar una mica.*
- **Quants mesos de veda té la garota?**
- *Sis mesos.*
- **Notes en tornar de la veda un augment de la població?**
- *No excessivament.*
- **Totes les garotes són igual apreciades en l'àmbit gastronòmic?**
- *No, les úniques que són apreciades gastronòmicament pel color ataronjat vermellós de les gònades és la garota de roca (*Paracentrotus lividus*).*
- **Quina importància tenen les garotes que pesques per la gent que les compra?**

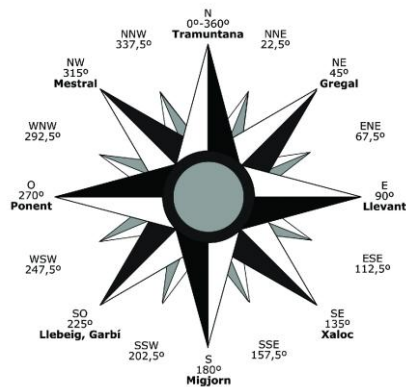
- *La gent les valora molt, hi ha persones que són addictes a les garotes.*
- **A la gent els agraden molt les garotes?**
- *Normalment, o t'agraden molt o no t'agraden gens.*
- **Alguna vegada has trobat plàstics sobre garotes?**
- *Fora d'ella alguna vegada he trobat algun que la recobreix o fils de pescar enganxats a les punxes. Sobretot quan el vent és de mar cap a terra.*
- **Alguna vegada has trobat plàstic dins les garotes o algun client t'ha comentat la presència de plàstics a l'interior d'algun individu?**
- *No, ni jo ni els clients hem trobat mai plàstics a l'interior. Sempre m'han dit que són molt bones i em feliciten.*
- **Aprofundint una mica més en això del vent i els plàstics que trobes sobre les garotes, em podries explicar ben bé què vol dir que el vent sigui de mar cap a terra?**
- *Segons la direcció del vent, aquest entra o surt de la cala i es nota que el corrent d'aigua ve de mar cap a terra o de terra cap a mar. Quan el vent és de mar cap a terra els corrents sí que a vegades arrossegueu algun plàstic i es pot veure que són més abundants. Això depèn de l'orientació de la cala, de la zona geogràfica i del tipus de vent que hi hagi.*
- **Per finalitzar, cares a la part pràctica del treball necessitaré alguns individus de garota de roca, me'ls podries subministrar tu?**
- *I tant! El dia que els necessitis em dius i te'ls porto sense problema.*
- **Doncs això és tot, moltes gràcies!**
- *De res, només faltaria, si tens alguna altra pregunta no dubtis a demanar-me.*

ANNEX 4: DIRECCIÓ DEL VENT I ORIENTACIÓ GEOGRÀFICA DE LES ZONES

El vent és un factor important cares als corrents superficials marines i l'acumulació de microplàstics.

Coneixent la direcció del vent en graus del dia del mostreig, amb una rosa dels vents (amb els tipus de vent i els graus que comprèn cada un) i observant el mapa per veure l'orientació de la zona que volem estudiar, podem determinar si el vent és de mar cap a terra de terra cap a mar.

La setmana que més quantitat de plàstic s'ha trobat durant els mostrejos realitzats en l'estudi preliminar és la S.4 a la zona de la depuradora de la platja dels Palangrers que coincideix amb el dia en què la velocitat del vent és més forta (25,2 km/h) i té una direcció de 21°.



Imatge 88: Rosa dels vents amb els tipus de vent i els graus que comprèn cada un.

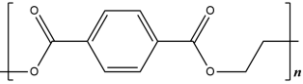
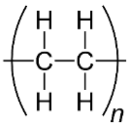
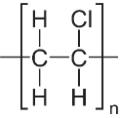
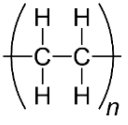
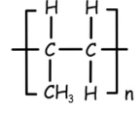


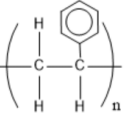
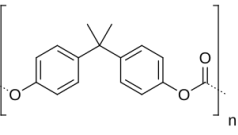
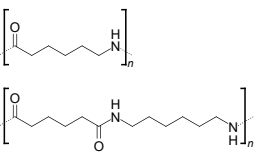
Imatge 89: Orientació geogràfica de la zona de la depuradora de la platja dels Palangrers. Font: Google maps®

Tal com podem veure, el vent va de mar cap a terra amb la component NNE, això fa que arrossegui els microplàstics cap a les roques de la zona i quedin atrapats allà. Per aquest motiu és la setmana que més microplàstics es troben.

ANNEX 5: TIPUS DE PLÀSTIC SEGONS EL SEU RECICLATGE

En aquesta taula d'elaboració pròpia es classifiquen els diferents tipus de plàstics segons la seva possibilitat de reciclatge.

	ABREV.	NOM	ESTRUCTURA	USOS	REUTILITZAT EN	RECI-CLABLE
	PET o PETE	Polietilè Tereftalat	 <i>Imatge 90: Estructura PET. Font: wikipedia</i>	Ampolles d'aigua, safates, cordes, pintes i raspalls.	Tèxtils, coixins, armilles salvavides, veles de vaixells, abrics...	Sí
	HDPE	Polietilè d'Alta Densitat	 <i>Imatge 91: Estructura HDPE. Font: plasvisor.es</i>	Brics de llet i sucs, bosses de la compra, pots de xampú, pots de detergents.	Calaixos de plàstic, tanques...	Sí
	PVC	Policlorur de Vinil	 <i>Imatge 92: Estructura PVC. Font: wikipedia</i>	Clavegueres, blísters, safates, sabates, marcs de finestres, targetes de crèdit.	Terres, parts de cases mòbils, canonades, cables...	Sí, però no a la seva totalitat
	LDPE	Polietilè de Baixa Densitat	 <i>Imatge 33: Estructura LDPE. Font: plasvisor.es</i>	Ampolles de mel, bosses de menjar congelat, film, tapes flexibles de contenidors.	Papereres	Sí, però amb dificultat
	PP	Polipropilè	 <i>Imatge 94: Estructura PP. Font: Shutterstock</i>	Bolquers, tapers, envasos, pots de iogurt, plats y gots d'un sol ús.	Rasclets	Difícilment

SÍMBOL	ABREV.	NOM	ESTRUCTURA	USOS	REUTILITZAT EN	RECI-CLABLE
	PS	Poliestirè	 <i>Imatge 95:Estructura PS. Font Researchgate</i>	Vasos de cafè, safates, blísters	Aïllament	Sí, en altres envasos
	–	Altres Plàstics (policarbonat, estirè, niló, etc).	 <i>Imatge 96:4 policarbonat. Font wikipedia</i>  <i>Imatge 97: niló i niló 6,6. Font Wikipedia</i>	CDs de plàstic, biberons, ulleres	Construcció	No

ANNEX 6: TEMPORITZACIÓ DE L'ANÀLISI AL LABORATORI

A continuació es detalla la temporització del procediment que es va seguir els dos dies d'anàlisi de les mostres, ja que es van analitzar dues mostres alhora cada dia.

PROCEDIMENT D'ANÀLISI DIA 1

1. Preparar la solució de NaCl concentrat.
2. Preparar 20 mL H₂O₂ al 30%.
3. Obrir amb unes tisores 4 garotes de la **mostra 1** i introduir-les dins un vas de precipitats amb una cullera. Marcar el vas.
4. Afegir NaCl i H₂O₂ al vas de precipitats.
5. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 1**.
6. Obrir amb unes tisores 4 garotes de la **mostra 2** i introduir-les dins un vas de precipitats amb una cullera. Marcar el vas.
7. Treure la **mostra 1** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
8. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 2**.
9. Treure la **mostra 2** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
10. Deixar reposar la **mostra 1** a T^a ambient durant 30 minuts.
11. Passar el sobrenedant de la reacció amb una espàtula a un vas de precipitats i afegir NaCl i H₂O₂, a la **mostra 1**.
12. Deixar reposar la **mostra 2** a T^a ambient durant 30 minuts.
13. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 1**.
14. Passar el sobrenedant de la reacció a un vas de precipitats i afegir NaCl i H₂O₂, a la **mostra 2**.
15. Treure la **mostra 1** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
16. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 2**.
17. Deixar reposar la **mostra 1** a T^a ambient durant 30 minuts.
18. Treure la **mostra 2** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
19. Deixar reposar la **mostra 2** a T^a ambient durant 30 minuts.
20. Filtrar el contingut del vas de precipitats de la **mostra 1** i abocar-lo a un altre vas de precipitats.
21. Introduir 20mL de H₂O₂ al 30%, escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 30 minuts la **mostra 1**.
22. Filtrar el contingut del vas de precipitats de la **mostra 2** i abocar-lo a un altre vas de precipitats amb una espàtula.

23. Treure la **mostra 1** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
24. Introduir 20mL de H₂O₂ al 30%, escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 30 minuts la **mostra 2**.
25. Treure la **mostra 2** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
26. Deixar reposar la **mostra 1** a T^a ambient durant 30 minuts.
27. Deixar reposar la **mostra 2** a T^a ambient durant 30 minuts.
28. Recollir el sobrenedant de la **mostra 1** i filtrar-lo. El que quedi en el filtre, posar-ho en una placa de petri, etiquetar-la i deixar-la assecar 24-48 hores.
29. Recollir el sobrenedant de la **mostra 2** i filtrar-lo al buit. El que quedi en el filtre, posar-ho en una placa de petri, etiquetar-la i deixar-la assecar 24-48 hores.

PROCEDIMENT D'ANÀLISI DIA 2

2. Preparar la solució de NaCl concentrat.
3. Preparar 20 mL H₂O₂ al 30%.
4. Obrir amb unes tisores 4 garotes de la **mostra 3** i introduir-les dins un vas de precipitats amb una cullera. Marcar el vas.
5. Afegir NaCl i H₂O₂ al vas de precipitats.
6. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 3**.
7. Obrir amb unes tisores 4 garotes de la **mostra 4** i introduir-les dins un vas de precipitats amb una cullera. Marcar el vas.
8. Treure la **mostra 3** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
9. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 4**.
10. Deixar reposar la **mostra 3** a T^a ambient durant 30 minuts.
11. Treure la **mostra 4** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
12. Passar el sobrenedant de la reacció a un vas de precipitats i afegir NaCl i H₂O₂, a la **mostra 3**.
13. Deixar reposar la **mostra 4** a T^a ambient durant 30 minuts.
14. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 3**.
15. Passar el sobrenedant de la reacció a un vas de precipitats i afegir NaCl i H₂O₂, a la **mostra 4**.
16. Treure la **mostra 3** de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
17. Escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 20 minuts la **mostra 4**.
18. Deixar reposar la **mostra 3** a T^a ambient durant 30 minuts.

19. Deixar reposar la mostra 3 a T^a ambient durant 30 minuts.
20. Filtrar el contingut del vas de precipitats de la mostra 3 i abocar-lo a un altre vas de precipitats.
21. Introduir 20mL de H₂O₂ al 30%, escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 30 minuts la mostra 3.
22. Filtrar el contingut del vas de precipitats de la mostra 4 i abocar-lo a un altre vas de precipitats.
23. Treure la mostra 3 de l'agitador i deixar-la reposar 30 minuts en un escalfador a 50°C.
24. Introduir 20mL de H₂O₂ al 30%, escalfar a 50°C i agitar a 200rpm durant 30 minuts la mostra 4.
25. Deixar reposar la mostra 3 a T^a ambient durant 30 minuts.
26. Deixar reposar la mostra 4 a T^a ambient durant 30 minuts.
27. Recollir el sobrenedant de la mostra 3 i filtrar-lo. El que quedi en el filtre, posar-ho en una placa de petri, etiquetar-la i deixar-la assecar 24-48 hores.
28. Recollir el sobrenedant de la mostra 4 i filtrar-lo. El que quedi en el filtre, posar-ho en una placa de petri, etiquetar-la i deixar-la assecar 24-48 hores.

