

Premi de Recerca
Vila de Palamós
2023 - 2024

Marcel Mata Martínez

PINTURES ANTIINCRUSTANTS I COURE AL LITORAL DE PALAMÓS

18



AJUNTAMENT DE PALAMÓS



Servei d'Arxiu Municipal de Palamós

PINTURES ANTIINCRUSTANTS I COURE AL LITORAL DE PALAMÓS

© MARCEL MATA MARTÍNEZ

© 2025 D'AQUESTA EDICIÓ
AJUNTAMENT DE PALAMÓS

COORDINA

SERVEI D'ARXIU MUNICIPAL DE PALAMÓS

RESUM LINGÜÍSTIC

TERESA CUADRADO

DISSENY I MAQUETACIÓ

LUPAGRAFICS

EDICIÓ DIGITAL

ABRIL 2025



Els continguts d'aquesta publicació estan subjectes a una llicència
de Reconeixement-NoComercial-Compartirigual-4.0 Internacional

L'Ajuntament de Palamós no es fa responsable dels continguts i opinions
que es reflecteixen en el text, així com de possibles errors o imprecisions.

PINTURES ANTIINCRUSTANTS I COURE AL LITORAL DE PALAMÓS

Agraïments	6
Part teòrica	
1 Estat de la qüestió	11
2 La contaminació marina	11
2.1. La contaminació química al mar	12
(herbicides, pesticides, productes químics d'higiene, combustibles, etc)	12
2.2. La contaminació marina per coure	12
2.2.1. Fonts contaminants de coure	12
2.2.2. Efectes sobre el medi ambient	12
3 Antifouling	13
3.1. El <i>fouling</i>	13
3.2. L' <i>antifouling</i>	16
3.3. Ús de l' <i>antifouling</i>	17
3.4. Productes més habituals	18
3.4.1. Pintures amb biocides	18
3.4.2. Pintures sense biocides	21
3.4.3. Altres sistemes	22
3.4.4. Normativa aplicable	23
4 L'<i>antifouling</i> a Palamós	25
4.1. Els ports de Palamós	25
4.2. Flotes	32
4.3. Vaixells i elements que no s'han tingut en consideració en aquest treball	32
4.4. Manteniment naval	33
5 Aproximació a la quantitat de coure al mar a partir d'enquestes	35
5.1. Metodologia de treball	35
5.2. Enquestes	36
5.2.1. Enquestes a particulars	36
5.2.2. Enquestes a particulars: resultats	37
5.2.3. Enquestes a professionals	38
5.2.4. Enquestes a professionals: càlculs i resultats	38
5.2.5. Càlculs de coure a Palamós	41

Part de recerca

6	Comprovació de la presència de coure al mar a través d'analítiques d'aigua	42
6.1.	Presa de mostres d'aigua	42
6.1.1.	Punts de mostreig	44
6.2.	Metodologia de les anàlisis de laboratori	44
6.3.	Resultats de les anàlisis	45
7	Conclusions del treball	46
	Bibliografia	47
	Annexos	50
	Annex 1.	
	Taules-resum de la informació recollida entre els particulars entrevistats, ordenades per ports	

Índex de figures

Figura I.	Quadre dels principals tipus de <i>fouling</i> d'origen vegetal	5
Figura II.	Diversos tipus d'algues cobrint el casc d'una embarcació	
Figura III.	Quadre dels principals tipus de <i>fouling</i> d'origen animal	
Figura IV.	Imatge de briozous sobre roca	
Figura V.	Casc d'una embarcació colonitzat per musclos	
Figura VI.	Procés de funcionament d'un <i>antifouling</i> de matriu dura	
Figura VII.	Procés de funcionament d'un <i>antifouling</i> de matriu tova	
Figura VIII.	Procés de funcionament d'un <i>antifouling</i> autopolimentable	
Figura IX.	Procés de funcionament d'un <i>antifouling</i> autopolimentable	
Figura X.	Imatge d'un model <i>antifouling</i> per ultrasons de la marca Dumo	
Figura XI.	Una barca en un elevator	
Figura XII.	Vista aèria de la situació dels ports de Palamós	
Figura XIII.	Vista del port Marina Palamós	
Figura XIV.	Escar del Front al Mar de Palamós	
Figura XV.	Vista del Club Nàutic Costa Brava	
Figura XVI.	Port de pesca de Palamós	
Figura XVII.	Boies de la platja Gran de Palamós	
Figura XVIII.	Moll comercial de Palamós	
Figura XIX.	Vista del moll comercial amb creuers amarrats	
Figura XX.	Aplicant <i>antifouling</i> al moll de Palamós	
Figura XXI.	Model de fitxa utilitzada per a les enquestes a particulars	
Figura XXII.	Model per a les enquestes a professionals	
Figura XXIII.	Estri dissenyat perquè les mostres de la primavera es recollissin totes a la mateixa profunditat	
Figura XXIV.	Recollida de mostres del mes d'agost	
Figura XXV.	Ampolla amb mostra d'aigua, etiquetada per enviar al laboratori	
Figura XXVI.	Vista aèria Google Maps amb indicació dels punts de mostreig	

Índex de taules

Taula I.	Quadre resum de les pintures <i>antifouling</i>
Taula II.	Resum enquestes realitzades
Taula III.	Resum dels resultats de les enquestes a particulars
Taula IV.	Resum de les dades recollides entre els professionals de manteniment d'embarcacions

Agraïments

Per a mi aquest treball ha sigut com una cursa contra corrent perquè constantment m'han aparegut noves incògnites i dades que he hagut d'anar abordant. He conegut gent molt interessant i he après molt, però també hi ha hagut moments en els quals no veia el final, i sense l'ajuda de les persones que cito a continuació, aquest treball no s'hagués pogut dur a terme de la mateixa manera.

En primer lloc, m'agradaria donar les gràcies als equips dels departaments de Biologia i de Química de la UdG, i molt especialment a la doctora Margarida Casadevall i a la doctora Enriqueta Anticó, que m'han assessorat tècnicament i científicament i m'han facilitat les anàlisis d'aigua que han sigut molt útils a l'hora d'extreure conclusions.

Vull agrair també el suport de les tutores que han fet el seguiment d'aquest treball.

També m'agradaria reconèixer de forma molt especial l'acompanyament i l'assessorament a l'equip de tècnics del Museu de la Pesca, especialment al doctor Alfons Garrido, que m'ha guiat i assessorat en el transcurs del treball.

Tampoc puc oblidar totes aquelles persones que de forma desinteressada han tingut la paciència de respondre les meves preguntes, especialment els responsables d'empreses nàutiques, d'infraestructures portuàries, pescadors i personal de varadors com en Xevi, en Jordi, la Gemma, en Fede, l'Aleix, en Joan, la Mercè, en Lluís, en Mia... i tota la resta.

I finalment, també haig d'agrair la paciència i el suport de la meva família durant aquests mesos.

Resumen

En la actualidad, uno de los principales componentes de las pinturas antiincrustantes (*antifouling*) que se aplican en las embarcaciones es el cobre, un elemento altamente contaminante y perjudicial para los ecosistemas marinos. Este cobre llega al mar en forma de óxido de cobre (Cu_2O) i de tiocianato de cobre (CuSCN). El objetivo de este trabajo es determinar, a través de métodos cuantitativos y cualitativos, la presencia de cobre en las aguas marinas de Palamós. En primer lugar, se presenta un estado de la cuestión sobre la contaminación química por cobre en el mar. Posteriormente, hacemos un repaso a los diferentes tipos de pinturas *antifouling* para conocer su formato y composición. Y finalmente hacemos una radiografía de la flota de Palamós para determinar la cantidad de barcos que encontramos en los diferentes puertos del municipio. En la parte práctica, se hacen una serie de cálculos para estimar las cantidades de cobre teóricamente aplicadas cada año en forma de *antifouling* y se complementan con los datos obtenidos con los análisis del agua recogida en distintos puntos de la bahía de Palamós realizados en el laboratorio del Departamento de Química de la Universitat de Girona.

Como conclusión principal, se ha estimado que a través del *antifouling* entran en contacto con el mar unos 650 kg de cobre por año, y que su concentración es mayor en lugares cerrados con menor circulación de agua y con una densidad de embarcaciones elevada, como son los puertos deportivos.

Palabras clave: contaminación marina, *antifouling*, cobre, Palamós, pintura antiincrustante.

Abstract

Currently, one of the main components of antifouling paints that are applied to boats is copper, a highly polluting element that is harmful to marine ecosystems. This copper reaches the sea in the form of particles of Copper Oxide (Cu_2O) and Copper Thiocyanate (CuSCN). The objective of this work is to determine, through quantitative and qualitative methods, the presence of copper in the marine waters of Palamós. First, a summary of what we know about chemical copper contamination is made. Then we review the antifouling paints to know their format and composition. And finally we do an x-ray of the Palamós water to find the amount of copper that the marine ecosystems of Palamós contain. In the practical part, a series of calculations are made to estimate the theoretical quantities discharged each year by antifouling and are complemented with the data obtained with the analysis of the water collected in different points of the bay of Palamós in the Chemistry Laboratory of the University of Girona.

As a main conclusion, it is estimated that antifouling dumps about 650 kg of copper into the sea per year, and that its concentration is higher in summer due to the greater number of boats sailing, especially in the closed waters of marinas.

Keywords: marine pollution, antifouling, copper, Palamós, antifouling paint.

Introducció

Aquest treball troba la **justificació** en la importància que té a escala mediambiental i biològica la presència de coure en els ecosistemes marins, punt que desenvoluparé més endavant, centrant la qüestió en l'àmbit del litoral de Palamós.

La conservació del planeta, a tots nivells, és prioritària tant per al seu propi manteniment com per a la supervivència humana en condicions adequades de vida. Conseqüència d'aquesta necessitat són els objectius de desenvolupament sostenible (ODS), marcats per les Nacions Unides i pactats internacionalment l'any 2015 per a abordar els grans reptes globals de la societat actual. Es va concretar una agenda de 17 objectius que haurien de complir-se el 2030 per a transformar el nostre món a través d'un desenvolupament global i humà sostenibles.

L'objectiu número 14 tracta sobre la salut dels oceans i està adreçat a conservar i utilitzar sostenible-ment els oceans, els mars, i els recursos marins. Aquest treball estaria en la línia d'aquest objectiu i més concretament de les seves metes:

- 14.1, [...] prevenir i reduir significativament la contaminació marina de tota mena [...],
- 14.2, [...] protegir i gestionar de manera sostenible els ecosistemes marins i costaners [...],
- 14.a, augmentar els coneixements científics, desenvolupar la capacitat de recerca [...] a fi de millorar la salut dels oceans [...]
- 14.c, Millorar la conservació i l'ús sostenible dels oceans i els seus recursos [...]

En relació amb el medi marí, s'estan fent moltes campanyes i s'està treballant intensament sobre algunes qüestions, com la dels microplàstics i nanoplàstics, que és un problema d'abast mundial, i que actualment tothom té molt present. Però hi ha altres qüestions que també afecten i que poden tenir molta importància per als ecosistemes que s'hi vegin afectats. Un dels problemes més greus per a la fauna que habita els ecosistemes marins és l'impacte de la **contaminació química**. Milions de tones de productes químics s'aboquen anualment al mar en forma de combustibles, pesticides, herbicides, tota mena de metalls pesants procedents de la indústria i fins i tot productes químics d'higiene quotidiana.

La indústria nàutica també té part de responsabilitat en aquesta forma de contaminació a través, entre altres coses, de l'ús de patents o **pintures antiincrustants**, també conegudes com a **pintures antifouling**, que es fan servir per protegir els vaixells de certs organismes marins i que contenen elements que poden ser molt perjudicials per al medi marí. En concret, són productes químics amb un alt contingut d'òxid de coure (I) (Cu_2O) i tiocianat de coure (CuSCN).

I aquesta és la qüestió que centra aquest treball i que en determina l'**interès** i la **rellevància**, atès que Palamós té diversos ports i concentra una important activitat nauticopesquera: intentar **fer un càlcul aproximat de la quantitat de coure** que contenen les pintures antiincrustants que s'apliquen a les embarcacions de Palamós i que poden arribar als ecosistemes marins del nostre municipi anualment.

A l'Estat espanyol, i que tractin sobre aquesta qüestió, s'han fet estudis a Galícia, la Comunitat Valenciana, Andalusia i Balears, que han demostrat que molts dels *antifouling*s tenen substàncies que danyen el medi marí, com per exemple la piritiona de coure o el zineb (que porta zinc) però aquí a Catalunya, segons el que he anat descobrint, hi ha molt pocs referents sobre aquesta problemàtica. Per aquest motiu he pensat que podria ser **un projecte útil per a Palamós**, i per extensió, per a la resta del litoral català.

També és important precisar que les dades recollides en aquest treball corresponen totes al 2023, a excepció de les que fan referència al trànsit dels vaixells del moll comercial facilitades per Ports de la Generalitat Zona Nord i que són de l'any 2022. De forma que el resultat podria ser diferent si variés el nombre d'embarcacions o els tipus de materials utilitzats en un altre moment.

La meua **motivació** parteix del contacte i l'interès que sempre he tingut amb el món del mar i de la pesca. Per això vaig visitar el Documare, Centre de Documentació de la Pesca i el Mar de la Càtedra d'Estudis Marítims de la Universitat de Girona (UdG), ubicat al Museu de la Pesca a Palamós, on em van proposar una possible línia de treball: l'afectació dels biocides sobre els ecosistemes marins.

El tema em va cridar l'atenció i després d'una reunió telemàtica amb la doctora Casadevall, investigadora de referència en aquesta problemàtica, i tècnics del museu, vaig decidir fer aquest treball. Posteriorment, la doctora Casadevall em va posar en contacte amb la doctora Anticó i va sorgir la possibilitat de fer les anàlisis de les mostres d'aigua per tal d'ampliar la recerca.

Fruit d'aquestes reunions i de la certesa demostrada per la comunitat científica que el coure és altament contaminant en el medi marí, vaig plantejar-me la pregunta de si el coure present en les pintures antiincrustants de la flota de Palamós està contaminant el mar i de quina manera. I a partir d'aquí vaig definir hipòtesi i objectius.

La meua **hipòtesi** és que les pintures antiincrustants estan alliberant coure als ecosistemes marins de Palamós, i que quan major és la concentració de vaixells, major és la quantitat de coure present a l'aigua.

Per demostrar o no aquesta hipòtesi vaig plantejar **quatre objectius**:

- 1 Fer una estimació de la quantitat de coure que anualment arriba als ecosistemes marins de Palamós.
- 2 Comprovar si durant la temporada alta turística a Palamós, quan hi ha una més gran concentració d'embarcacions, la presència de coure a l'aigua és major.
- 3 Conèixer millor la problemàtica de la contaminació provocada pel coure.
- 4 Fer recomanacions per evitar aquest tipus de contaminació.

La **metodologia** emprada a la part pràctica s'ha basat, en primer lloc, en la consulta de diferents treballs que m'ha confirmat que la presència de coure al mar afecta considerablement els ecosistemes marins i que és una qüestió que preocupa molt la comunitat científica internacional, i m'ha proporcionat idees per desenvolupar la secció de recerca d'aquest treball.

Així doncs, he fet la recollida d'informació a través de diferents mitjans:

- Enquestes a propietaris d'embarcacions destinades a diferents usos.
- Enquestes a representants d'empreses nàutiques dedicades al manteniment d'embarcacions.
- Enquestes a responsables de varadors i infraestructures portuàries.
- Recollida i anàlisi de mostres d'aigua al laboratori de la UdG.
- Estudi de la composició (contingut de Cu_2O i el CuSCN) de les principals pintures més utilitzades a Palamós, d'acord amb els resultats de les enquestes.

Tot plegat ha configurat la totalitat del treball que s'ha estructurat en la part teòrica on s'exposen conceptes teòrics fonamentals per entendre la part pràctica i que bàsicament aborden el significat i l'abast del concepte de contaminació marina, per passar després a explicar què són i com funcionen les tècniques antiincrustants, o *antifouling*s i finalment mostrar en quins espais de la nostra costa els podem trobar en concentracions importants.

A la part pràctica, partint de la informació recollida, es presenten els càlculs realitzats sobre la informació tècnica de les pintures *antifouling* d'acord amb les dades proporcionades per propietaris i professionals del manteniment d'embarcacions. I es mostren també els resultats de les anàlisis d'aigua que corroboren les conclusions obtingudes.



Part teòrica

1. Estat de la qüestió

Estudis realitzats en diferents llocs del món han conclòs que el coure pot acumular-se en quantitats importants en els ecosistemes marins, tot generant efectes molt negatius en el medi (Amara, 2018, Brooks & Waldock, 2009).

Aquests treballs determinen que moltes de les activitats que es desenvolupen en zones portuàries són les responsables de concentracions de metalls en l'aigua i els sediments. I que, en concret, el coure pot ser traslladat al medi aquàtic a través de les pintures antiincrustants que poden convertir-se en un perill per a tot l'entorn i per a moltes espècies.

Entre totes les publicacions voldria destacar-ne dues que em va recomanar la doctora Anticó perquè aporten informació que està en la línia de la meua hipòtesi:

- *Determination of copper in seawater based on a liquid membrane preconcentration system* de Carolina Mendiguchía, Carlos Moreno i Manuel García-Vargas. 2002.
- *Evidencing the natural and anthropogenic processes controlling trace metals dynamic in a highly stratified estuary: The Krka River estuary (Adriatic, Croatia)*, de Ana-Marija Cindrić, Cédric Garnier, Benjamin Oursel, Ivanka Pižeta, i Dario Omanović. 2015.

Aquests treballs adverteixen de la **perillositat d'aquest tipus de pintures per als ecosistemes marins**, ja que actuen en capes superficials i es troben en major concentració en zones tancades i amb una destacada activitat **nauticoesportiva**.

2. La contaminació marina

La contaminació marina és el tipus de pol·lució que afecta els ecosistemes marins i els organismes que hi viuen. Aquesta problemàtica afecta tots els medis marins del planeta: mar obert, zones costaneres, instal·lacions portuàries, grans profunditats...

La principal causa de la pol·lució en mars i oceans és l'activitat humana i la nostra forma de vida i de consum. Els principals elements que distorsionen el mar són fertilitzants i detergents, herbicides, productes químics, hidrocarburs, aigües residuals, plàstics i microplàstics, etc. Altres causes de la contaminació marina també poden ser l'acidificació, l'eutrofització, la contaminació acústica, etc.

En els oceans hi trobem les depressions més importants de la Terra, on acaben la major part dels elements nocius a conseqüència de la gravetat i la decantació. Mars i oceans, doncs, s'han convertit així en els majors abocadors del planeta.

2.1. La contaminació química al mar (herbicides, pesticides, productes químics d'higiene, combustibles, etc.)

Moltes substàncies químiques que arriben al mar provenen de terra endins. L'activitat humana genera molts productes que són tòxics per al medi ambient marí: piles, aparells elèctrics, motors, combustibles, olis, pintures, detergents, pesticides, adobs, productes industrials...

Aquestes substàncies arriben al mar perquè són abocades a les aigües residuals, arrossegades per la pluja o filtrades als rius a través del sòl.

Tot i que les plantes depuradores eliminen moltes de les substàncies nocives per a l'ecosistema marí, no són capaces d'eliminar tots els productes contaminants i, per tant, molts arriben al medi marí.

Quan aquestes aigües contaminades arriben al mar, els corrents dispersen i estenen l'abast dels contaminants. És així com les substàncies abocades terra endins poden acabar afectant greument el mar, a molts quilòmetres del lloc on s'han produït els abocaments.

2.2. La contaminació marina per coure

En concentracions altes, el coure és tòxic per als organismes i el seu efecte sobre els peixos és molt nociu de manera que pot provocar alteracions crucials en la seva alimentació, reproducció i creixement (Eisler, 1998). Una de les principals causes de la contaminació marina per coure són les pintures antiincrustants.

2.2.1. Fonts contaminants per coure

El coure, a escala global (no estrictament marí) igual que els altres metalls pesants, pot tenir la seva procedència en diverses fonts, tant naturals com artificials.

Les fonts naturals són directament els minerals rics en aquests metalls, procedents de la roca mare o bé amb origen volcànic.

I també hi ha les fonts artificials o antròpiques, des dels jaciments miners, a les indústries, les fonts d'energia i tot el vinculat al transport (de persones o de mercaderies). De fet, durant dècades, el coure s'ha usat en grans quantitats en processos industrials i tota mena de productes químics d'ús industrial i quotidià.

En aquest treball jo parlo d'una font clarament antròpica: les pintures antiincrustants.

2.2.2. Efectes sobre el medi natural

Per què és tan perjudicial el coure per al medi marí? Els científics han estudiat els efectes del coure en els ecosistemes marins i han conclòs que afecta molt negativament algunes fases vitals dels organismes marins inhibint la fotosíntesi, induint estrès oxidatiu, provocant mutacions i alterant les capacitats reproductives de flora i fauna. (Ansari, 2004; Atoche, 2017)

El coure, junt amb el zinc, és un dels metalls pesants que, en altes concentracions, pot tenir una més alta toxicitat per als ecosistemes aquàtics; els bacteris en són els primers organismes afectats per la presència d'aquests elements. Malgrat que el coure és un oligoelement essencial necessari a nivells ínfims per al bon funcionament dels organismes, en quantitats excessives interfereix en les funcions biològiques vitals.

Els organismes tenen diferents mecanismes per processar el coure, com ara la bioacumulació i la biomagnificació.

La **bioacumulació**: consisteix en l'acumulació d'aquells metalls pesants en els organismes que habiten el mar. Si aquells metalls pesants són lipofílics, aquests tenen tendència a acumular-se al teixit gras de l'animal. (Ariadna García-Astillero, 2020)

Una altra conseqüència d'aquests metalls és la **biomagnificació**, que consisteix en l'increment de la quantitat o de la concentració d'un element químic en els animals. Això passa a través de la cadena alimentària. (García-Astillero, 2020)

La ciència demostra que una de les principals fonts de contaminació marina per coure és la provocada per les pintures antiincrustants (Turner, 2010), anomenades també *antifouling*.

3. ANTIFOULING

3.1. El fouling

Fouling és una expressió anglesa que defineix la fixació dels organismes incrustants en l'obra viva dels vaixells, que és la part que queda enfonsada permanentment a l'aigua. El *fouling* que s'adhereix crea capes de diferents gruixos que generen resistència en el casc i suposen greus inconvenients per a l'embarcació i per al propietari.

Aquests inconvenients es resumeixen en:

- Increment de rugositat a la superfície.
- Pèrdua de velocitat per la resistència hidrodinàmica que aquests materials produeixen.
- Augment en la despesa en combustible, conseqüència del punt anterior.
- Acceleració de la corrosió.
- Més risc d'osmosi en embarcacions amb casc de fibra.
- Perforació del casc en els vaixells de fusta.
- Efecte antiestètic.

És per tot això que històricament s'han buscat mitjans per combatre aquest *fouling* en els bucs de les embarcacions.

Però cal tenir present que, a part d'adherir-se a les embarcacions, també ho fa a tota mena d'estructures que estiguin submergides: construccions portuàries, instal·lacions *off-shore*, habitatges i estacions oceanogràfiques submarines, per la qual cosa arriben a obstruir els sistemes de refrigeració de les instal·lacions, etc.

Però en aquest TDR em centro únicament en el *fouling* que s'incrusta en els vaixells perquè és el més rellevant a Palamós a efectes d'aplicació de pintures *antifouling*.

El *fouling* són organismes i microorganismes que es poden classificar de diferents formes. La més habitual és la diferència segons si el seu origen és animal o vegetal.

Foulings d'origen vegetal

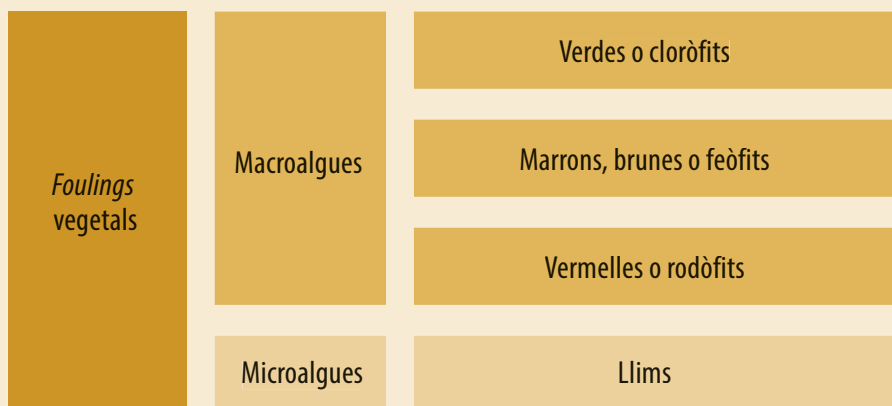


Figura I. Quadre dels principals tipus de fouling d'origen vegetal.

Font pròpia

Les **macroalgues** són organismes multicel·lulars de mida macroscòpica. Les que apareixen en el quadre superior, vermelles, brunes i verdes són les més habituals en les nostres costes, tot i que també les trobem en altres mars i poden presentar variacions formals.

Les **microalgues**, més conegudes com a llims, són les incrustacions més difícils d'eliminar. Prefereixen les zones fosques per proliferar, per la qual cosa acostumen a colonitzar en els timons, orses i quilles.



Figura II. Diversos tipus d'algues que cobreixen el casc d'una embarcació.

Font. <https://quiurevista.com>

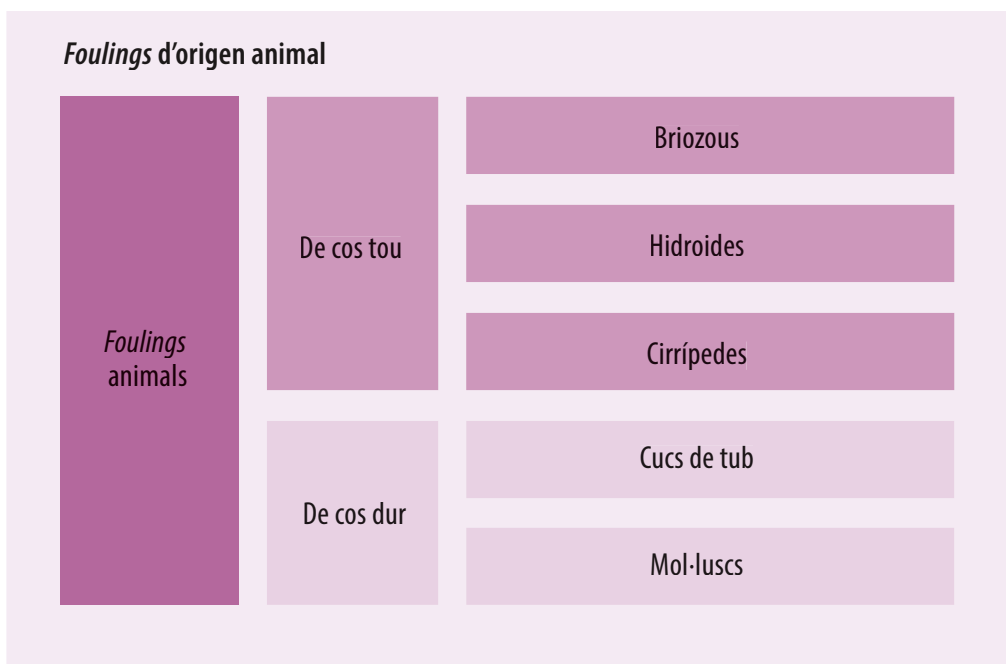


Figura III. Quadre dels principals tipus de fouling d'origen animal.

Font pròpia

Els *foulings* de **cos tou**, en el cas dels briozous, sovint formen sobre les diferents superfícies esquelets de carbonat calci, que a causa de la seva mida microscòpica sovint no podem identificar a simple vista. També hi trobem els hidroides, de tipus cnidari, i que s'organitzen colonialment.



Figura IV. Imatge de briozous sobre roca.

Font. iStock by Getty Images



Figura V. Casc d'una embarcació colonitzat per musclos.

Font: <http://whaarschip.info>

Els *fouling*s de **cos dur** presenten formalment més diversitat.

— Els *cirrípedes*, coneguts com a glans de mar o percebes en castellà, són crustacis de closca dura molt especialitzats i diversificats.

— Els *cucs de tub* són una classe de cucs del fílum dels anèl·lids. Tenen en cada segment unes estructures filoses (peròpodes o quetes) per moure's i respirar.

— Mol·luscs *bivalves*: el terme musclo o clòtxina és emprat per designar diverses famílies de mol·luscs bivalves, són animals marins filtradors que viuen fixats al substrat. El més conegut de tots és el *teredo navalis*, o broma, causant de molts naufragis i destrucció d'estructures portuàries al llarg de la història, ja que s'alimenta de la fusta de manera que pot fins i tot perforar-la i fer-la desaparèixer completament.

Vistos els principals tipus de fouling que s'instal·len en les embarcacions de la nostra zona marítima, passo a explicar els mètodes *antifouling* existents per combatre'ls. Un conjunt de recursos destinats a minimitzar els efectes negatius d'aquests organismes sobre els vaixells.

3.2. L'*antifouling*

Antifouling tal com es coneix actualment i amb caràcter general, és la pintura que s'aplica a l'obra viva de l'embarcació. Aquesta pintura està composta per elements químics (biocides) que s'alliberen en contacte amb l'aigua per mantenir el casc lliure de la flora i fauna marines que conformen el *fouling*.

Amb aquesta pintura es pretén que l'embarcació llisqui millor i que d'aquesta manera faci menys resistència a l'aigua i calgui menys combustible per moure-la. Amb aquests materials, tot i que s'han de fer manteniments igualment, es redueixen molt i això comporta un estalvi econòmic important.

Però els *antifouling*s existeixen des de molt antic. Fem una mica d'**història de l'*antifouling*** per posar en context la seva importància, ja que des que navega, l'home ha estat lluitant contra les incrustacions que llastren els vaixells.

El problema d'organismes que s'adhereixen a l'obra viva del vaixell sempre ha estat present en el món de la navegació. I el coure com a element antiincrustant tampoc és nou. Els fenicis (s. X a.C. aproximadament) ja utilitzaven xapes de coure per recobrir l'obra viva del vaixell, que provocaven l'efecte antiincrustant desitjat (Candelas, 2018).

Fins al segle XVIII, que es van començar a utilitzar pintures *antifouling*, s'han utilitzat molts mètodes. A part de les xapes de coure esmentades, també s'han fet servir recobriments de plom, aplicació de ceres o greixos animals, resines, el quitrà, la creosota, etc.

Entre el segle XVIII i el segle XX, es considera que va haver-hi una gran evolució respecte als elements antiincrustants. Durant aquest període, ja s'utilitzaven pintures a base de coure o de plom, cada cop més evolucionades. Però el gran canvi es va produir pels volts de 1960, quan els químics van formular pintures TBT, amb base de tributilestany, que funcionaven molt bé, i per això van utilitzar-se molt fins a començaments dels anys 80 del segle passat (Candelas, 2018).

En aquell moment, els biòlegs marins van descobrir que el TBT tenia un impacte molt negatiu en el medi ambient, ja que provocava mutacions en alguns organismes marins o anomalies reproductives, per la qual cosa, al principi, l'aplicació de TBT va ser prohibida per a les embarcacions d'eslora inferior als 25 metres. I amb l'entrada en vigor el 1987 d'una normativa IMO (Organització Marítima Internacional) a escala mundial se'n va prohibir la utilització per a tota mena d'embarcacions.

Des de llavors i fins ara, tots els fabricants de pintures antiincrustants van passar a utilitzar el coure com a principal biocida, ja que controlant-ne les quantitats es redueixen significativament els possibles danys al medi ambient. Tot i això, continua contaminant.

Per això, els fabricants segueixen investigant noves alternatives per reduir encara més l'ús de coure i biocides químics.

Actualment, les substàncies biocides dels *antifouling*s s'activen en entrar en contacte amb l'aigua, i alliberen un halo protector a tot el perímetre de l'embarcació. La diferència entre els diferents *antifouling*s del mercat rau en la manera d'alliberar aquesta capa protectora.

Actualment, moltes de les pintures antiincrustants que es fabriquen tenen coure, sobretot en forma d'òxid cuprós o de tiocianat de coure

3.3. Ús de l'*antifouling*

A l'hora de triar l'*antifouling* cal tenir en compte una sèrie de factors que determinaran el producte que cal aplicar.

Els principals factors a considerar són els següents:

- El temps que el vaixell romandrà a l'aigua.
- La zona per la qual navegarà.
- El nombre de milles aproximades que navegarà.
- Els nusos de velocitat mitjana als que sol navegar.

L'aplicació de la patent, com també es coneixen aquestes pintures, és molt delicada i necessita una determinada preparació de la superfície, que varia segons el tipus de producte.

No obstant això, l'operació més compromesa és la mateixa aplicació de la pintura, ja que en aquest pas, cal estar molt atent als temps d'aplicació de les diferents capes. I també al temps per llençar l'embarcació a l'aigua després de la darrera capa.

3.4. Productes més habituals

Hi ha diferents tècniques, que veurem més endavant, per actuar contra les incrustacions que afecten les embarcacions. I actualment, la més utilitzada és la d'aplicar pintures antiincrustants, que es classifiquen de la següent forma segons si contenen o no biocides.

Pintures amb biocides	De matriu dura o insoluble De matriu tova o soluble Autopolimentables
Pintures sense biocides	Amb base de silicones Amb base de fluoropolímers Amb base de silicones i fluoropolímers

Taula I. Quadre resum de les pintures *antifouling*.

Font pròpia

3.4.1. Pintures amb biocides

Les pintures *antifouling* amb biocida són les que més s'utilitzen perquè són les més conegudes i actualment també són més econòmiques que qualsevol producte alternatiu.

Per entendre el funcionament de les pintures amb biocides, cal introduir el concepte de “**velocitat de la capa de lixiviació**” que es refereix a la rapidesa amb la qual els biocides d'un *antifouling* es dissolen o desprenen. Això pot variar segons la temperatura de l'aigua, la salinitat i la velocitat a la qual l'embarcació es desplaça. Tenint en compte tots aquests factors, actualment es fabriquen diferents tipus de patents amb biocides, que intenten adaptar-se a les diverses combinacions d'aquests per obtenir-ne el màxim resultat.

Totes combinen quatre components: resina (o rosin), pigment, dissolvent i biocida.

A efectes d'aquest treball, el component que més ens interessa és el biocida o component actiu encarregat de repel·lir les incrustacions alliberant-se segons actuï en cada cas la resina. Concretament, ens centrem en els biocides de coure (òxid de coure i tiocianat de coure) perquè són els més habituals i, juntament amb el zinc, els que més afectacions provoquen en nivells superficials. (Tomás Camprodón, 2023)

Entre els altres elements que a vegades s'utilitzen podrien destacar-se l'irgarol 1051, la piritiona de zinc o l'econea, però que no s'incorporen en aquest estudi per la menor incidència i utilització.

Pintures de matriu dura o insoluble

Aquest tipus de patents està compost d'una barreja de resines insolubles i solubles. El seu funcionament consisteix en l'absorció de l'aigua per part de la pintura de forma que els components solubles es van desintegrant i deixen una estructura insoluble com una esponja rígida, plena d'aigua, a través de la qual es dissolen, per difusió, els productes biocides que són els que realment actuen per repel·lir les incrustacions.

Aquest alliberament controlat garanteix que hi hagi una protecció contínua contra el creixement d'organismes sense alliberar una quantitat excessiva de biocides.

Aquest tipus de pintures tendeix a ser més durador i ofereix una protecció efectiva durant períodes perllongats. El principal avantatge d'aquests *antifouling*s de matriu dura és que les embarcacions poden romandre fins a tres mesos al varador després de la seva aplicació sense perdre propietats.

El següent gràfic ens ajuda a entendre com no disminueix el gruix total de la pintura malgrat que les partícules additives biocides (circumferències de color negre) es van alliberant amb el pas del temps.

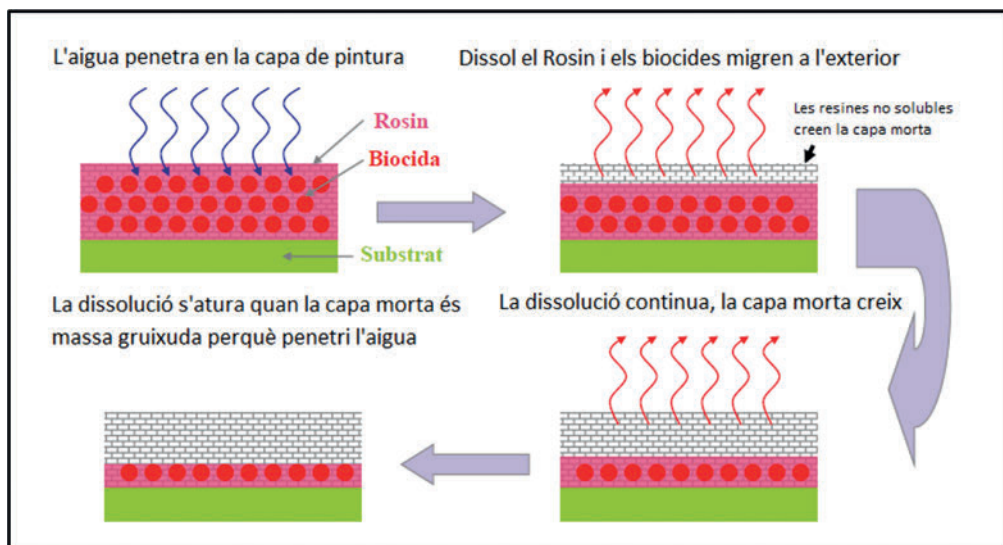


Figura VI. Procés de funcionament d'un antifouling de matriu dura.

Font: <https://www.rpalmasl.es>

Pintures de matriu tova o soluble

Els principals desavantatges són:

- La fragilitat del material perquè es poden fer malbé molt fàcilment.
- Al final del cicle de la pintura, aquesta deixa la superfície molt rugosa.
- S'ha d'estar molt atent al consum total del biocida, ja que si no es torna a aplicar un tractament *antifouling* quan ja no queda pintura, el casc queda vulnerable davant d'atacs incrustants.

Els períodes de durabilitat aproximada d'aquests tractaments són: en aigües fredes uns 2 anys, en aigües temperades (que és el cas del mar Mediterrani) fins a 6 mesos, i en aigües tropicals, 1 any.

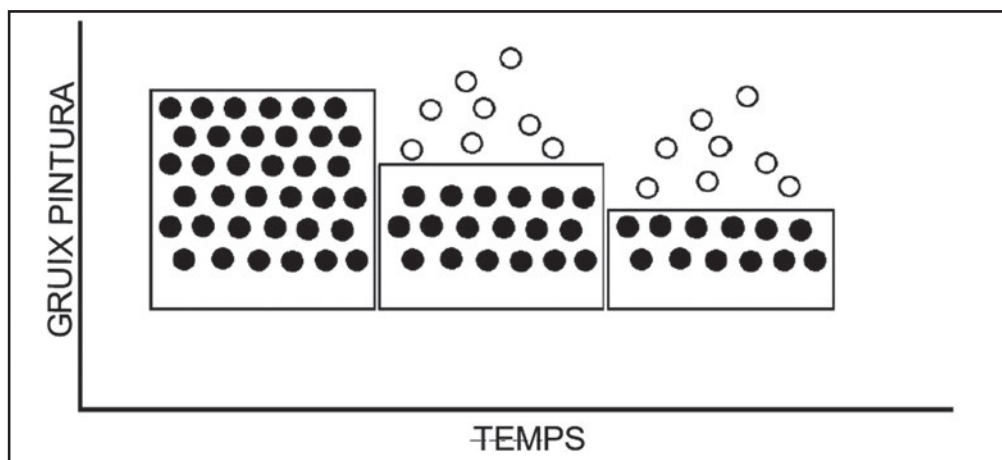


Figura VII. Procés de funcionament d'un antifouling de matriu tova.

Font: Camprodón, 2023

Autopolimentables

Aquest tipus de patents compostes per una barreja de resines i biocides en una matriu soluble són les més modernes i ofereixen protecció de forma prolongada.

Funcionen mitjançant hidròlisi en la superfície de la pintura, autoregulant químicament l'alliberament del biocida i deixant una superfície llisa que permet millorar les propietats hidrodinàmiques de l'embarcació.

Com a concepte bàsic, aquesta pintura funciona pel frec/erosió provocada per la fricció de l'aigua de mar amb el casc de l'embarcació.

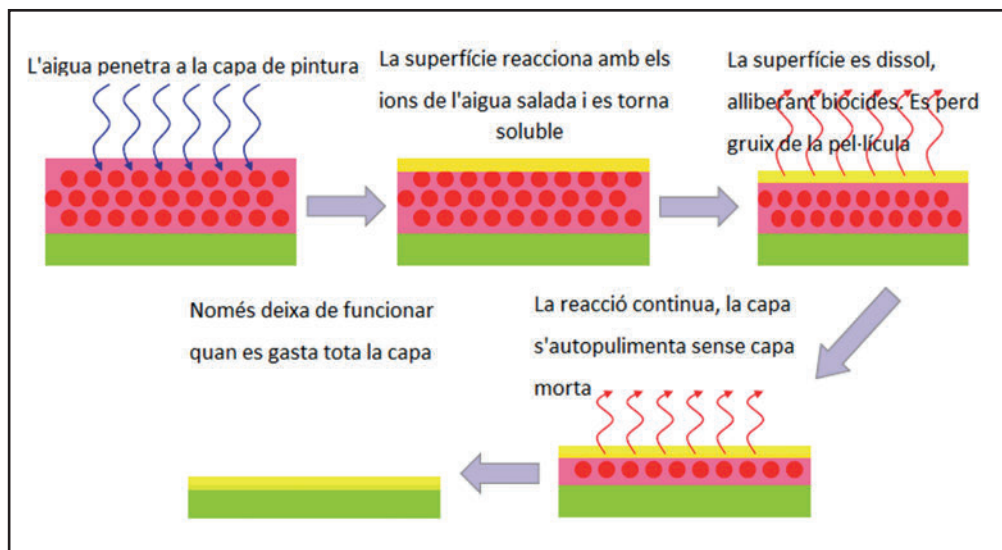


Figura VIII. Procés de funcionament d'un antifouling autopolimentable.

Font: <https://www.rpalmas.es>

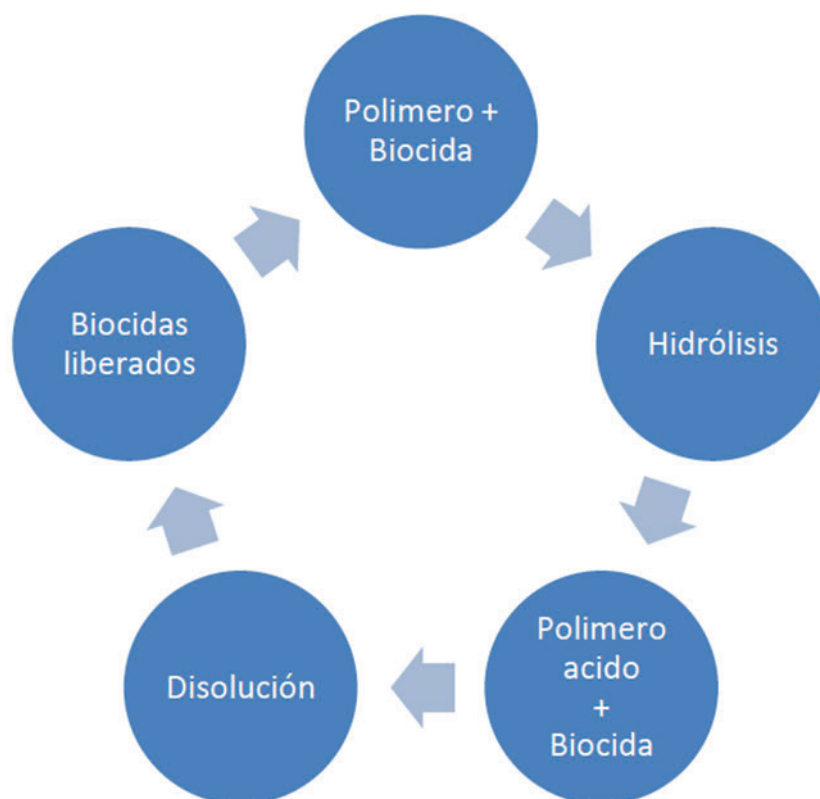


Figura IX. Procés de funcionament d'un antifouling autopolimentable.

Font Camprodón, 2023

3.4.2. Pintures sense biocida

Dins d'aquest tipus de pintura destaquen tres tipus de tractaments.

En l'elaboració d'aquest treball només he localitzat tres vaixells a Palamós que estiguin pintats amb antiincrustant sense biocida, la qual cosa demostra el poc ús, ara per ara, que tenen encara aquests productes, ja sigui per desconeixement, cost econòmic elevat, manca d'efectivitat...

Pintures basades en silicones

Aquests tipus de recobriments normalment estan fets a base de silicona i hidrogel: són pintures que, igual que la resta d'aplicacions *antifoulings*, eviten la incrustació dels organismes que tenen tendència a fer-ho. Amb aquesta pintura, si aquests organismes arriben a enganxar-se quan el vaixell no està en funcionament, (cosa bastant improbable), es desprenen quan aquest navega.

Un exemple d'aquest tipus de pintura n'és la Silic One, de la marca Hempel. El mecanisme que utilitza aquesta pintura és que quan els organismes s'hi intenten adherir, perceben el casc pintat amb la Silic One com un líquid, i com a conseqüència no s'hi poden incrustar.

Pintures basades en fluoropolímers

La base d'aquesta pintura està formada únicament per un revestiment fluoropolímer. Aquest *antifouling* evita que les incrustacions s'enganxin d'arrel, i en faciliten el manteniment depenent sempre de la freqüència de navegació del vaixell i la concentració biològica de les aigües en les quals navega. Redueix bastant la fricció amb l'aigua i fa que llisqui més, amb un desgast més lent.

Un exemple d'aquesta pintura és l'Intersleek 1100SR, de la marca International.

Pintures basades en silicones

La combinació d'aquests dos materials combinats produeix unes pintures amb unes prestacions antifouling molt bones i amb un rendiment més gran amb incrustacions d'algues i organismes del tipus de còrquers que les anteriors.

Es tracta de tractaments molt recents, en fase d'experimentació i amb una representació molt insignificant en el global de l'estudi.

3.4.3. Altres sistemes

Ultrasons

Normalment, aquest tractament s'utilitza per complementar altres tipus d'*antifouling*, ja que no et garanteix al 100% la protecció del casc del vaixell. Normalment s'utilitza per complementar les pintures. Amb els organismes amb els quals té més efectivitat és amb les bivalves.

Normalment, es col·loca un dispositiu a la quilla del vaixell, que emet emissions ultrasòniques vibratòries per tota la superfície del vaixell que es troba en contacte amb l'aigua.

Donat que és un dispositiu incòmode d'aplicar, sovint es penja de l'amarrament o de la passarel·la en la qual es troba el vaixell.

Per als humans i per a les espècies marines, aquestes emissions són totalment inofensives.

Un dels dispositius més destacats d'aquest tipus d'*antifouling* sense biocides és el Dumo ACM.

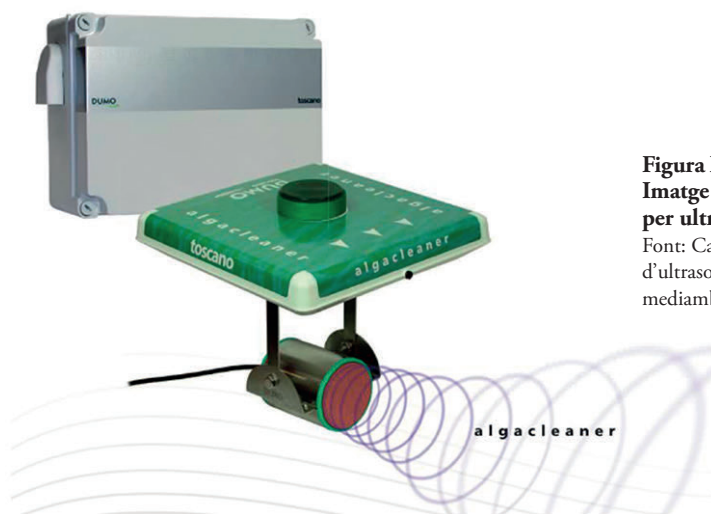


Figura X.
Imatge d'un model d'*antifouling*
per ultrasons de la marca Dumo.

Font: Catàleg Dumo Technology,
d'ultrasons per l'aigua i aplicacions
mediambientals



Figura XI. Una barca en un elevator.

Font <https://nauticayyates.com>

Elevadors

Entre tots els tipus de sistema antiincrustant, aquest és el menys habitual, ja que logísticament és poc pràctic i és força costós econòmicament. Aquest sistema es basa en grues que aixequen el vaixell quan és a dins del port, de forma que quan el vaixell no està navegant l'afectació per *fouling* és 0. És un mètode que només té efectivitat en vaixells que no naveguen freqüentment, ja que quan estàs navegant, a menys que hi apliquis algun altre tipus d'*antifouling*, no hi ha protecció. Un altre desavantatge d'aquest tipus d'*antifouling* és que habitualment està pensat per a embarcacions petites (embarcacions de menys de 6 metres) o motos aquàtiques.

En part, aquest és el cas dels vaixells que passen els tres mesos d'estiu a l'aigua, però que quan s'acaba la temporada els treuen de l'aigua i passen l'hivern fora (com per exemple els usuaris del servei de Marina Seca, al port Marina Palamós).

3.4.4. Normativa aplicable

Qui vetlla per l'acreditació dels *antifouling*s i l'aplicació del reglament esmentat és l'Agència Europea de Productes Químics (ECHA), que gestiona les qüestions sobre els productes químics a Europa. Aquesta agència està en funcionament des de l'any 2007 i té la seva seu a Hèlsinki.

Des del 1998 i abans de la creació d'aquesta agència, ja hi havia normatives d'àmbit internacional que van intentar regular l'ús dels antiincrustants i els biocides que contenen.

- L'any 2003 es prohibeix l'ús del tributilestany, TBT.
- La CMI, coneguda així per les seves sigles en anglès, que responen al Conveni Internacional per al Control i la Gestió de l'aigua de llast i els sediments dels bucs, acordat a Londres el febrer de 2004.
- L'IBC, sigles angleses que responen a la Convenció Internacional sobre el Control dels Sistemes de Pintura Antivegetativa en els bucs, adoptat el 5 d'octubre de 2001, però que va entrar en vigor el setembre de 2008. (Tomás Camprodón, 2023)

Però aquestes normatives actualment ja es troben superades pel Reglament europeu (UE) 528/2012, dels productes biocides que va ser aprovat pel Parlament Europeu el 22 de maig de 2012 i va entrar en vigor el setembre de 2013 amb un període de transició per a determinades disposicions que arriba fins a l'any 2018.

Aquest reglament té per objectiu identificar totes les substàncies, controlar-ne l'ús, protegir el consumidor i limitar els efectes en el medi ambient.

En aquest reglament, les substàncies actives es classifiquen segons la seva utilització: higiene humana, productes de protecció de la fusta, insecticides... Les substàncies destinades als *antifouling*s (tipus de producte 21) representen una desena de molècules classificades, que s'han sotmès a estudis ecotoxicològics i d'impacte ambiental; estudis avaluant la relació benefici/risc com per als medicaments o productes fitosanitaris.

Actualment, cada productor de pintura *antifouling* ha de declarar els seus productes. Aquestes empreses han de presentar les seves fórmules i els seus estudis d'impacte ambiental per obtenir l'autorització d'introducció al mercat (AMM) a Europa.

És important destacar que el coure i els seus derivats són substàncies actives i parts integrants de la reglamentació biocida europea, perquè malgrat que el coure és un element natural també és altament impactant. (ECHA)

4. L'*antifouling* a Palamós

Per acostar-nos al problema del coure que s'aplica en forma d'*antifouling* a les embarcacions de Palamós, cal fer un breu repàs a la flota palamosina per conèixer les tipologies d'embarcacions que usen *antifoulings* i els ports on s'amarren.

Dins de la flota palamosina, hi trobem dos grups ben destacats. Per una banda, hi ha el sector pesquer, embarcacions que naveguen durant tot l'any, i per una altra el sector de la nàutica esportiva o d'esbarjo, que és un grup de vaixells que generalment només navega durant una determinada època de l'any (sobretot a l'estiu).

Evidentment, no totes les embarcacions del municipi s'engloben dins d'aquests dos grups, com per exemple els vaixells de treball (Duanes, Guàrdia Civil, Salvament Marítim...), vaixells de transport, de treball portuari, de lloguer, i d'altres.



Figura XII. Vista aèria de la situació dels ports de Palamós.

4.1. Els ports de Palamós. Punts d'amarrament

A Palamós hi ha dos ports i dues zones de boies:

- El port esportiu Marina Palamós.
- El port de Palamós que agrupa cinc zones diferenciades que es tracten individualment a l'hora de fer la descripció dels diferents sectors portuaris.

Aquestes zones són:

- Front al mar
 - Club Nàutic Costa Brava
 - El port pesquer
 - El port comercial
- I zones de pantalans i boies: a la badia de Palamós i la badia de la Fosca.
Entre tots aquests trobem representació de gairebé tots els tipus d'activitats relacionades amb embarcacions marítimes: pesca, navegació esportiva, navegació d'esbarjo, embarcacions comercials de xàrters, lloguer d'embarcacions i motos aquàtiques, activitats d'immersió, activitats professionals relacionades amb el manteniment i la mecànica dels vaixells, creuers turístics, vaixells de càrrega, transport de mercaderies...



Figura XIII. Vista del port Marina Palamós.

Font Ports de Catalunya

Port esportiu Marina Palamós

41.84681655354505, 3.1328527010886558

Aquest port esportiu compta amb 11 pantalans amb un total de 902 amarradors per a vaixells d'una eslora màxima de 30 metres.

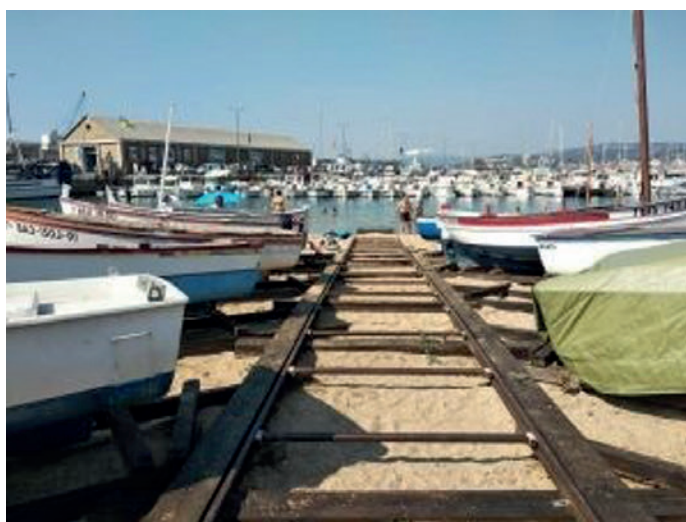


Figura XIV. Escar del Front al Mar de Palamós.

Font. <http://www.frontalmar.cat>

Front al mar

41.844985172157564, 3.127066681569158

L'Associació Front al Mar de Palamós és una associació sense ànim de lucre creada amb la voluntat de disposar d'un espai de nàutica popular.

L'inici de l'associació va ser l'avarada a la platja que encara es manté actualment. En aquell moment no hi havia cap passarel·la i tot eren varadors a la platja.



Figura XV. Vista del Club Nàutic Costa Brava.

Font. Ràdio Palamós

Club nàutic Costa Brava

41.843128866107904, 3.128746486403555

El port nàutic Costa Brava està vinculat al Club Nàutic del mateix nom. És una dàrsena esportiva entre el port pesquer i el port comercial. És un sector amb una important activitat en el món de la vela lleugera.

Compta amb 252 amarradors d'entre 5 i 25 metres d'eslora repartits en 5 pantalans diferents.



Figura XVI. Port de pesca de Palamós.

Font: Ràdio Capital

Port de pesca

41.84462612697681, 3.125768676074282

El port de pesca de Palamós de titularitat de Ports de la Generalitat és gestionat per la Confraria de Pescadors de Palamós.

La Confraria de Pescadors de Palamós és una entitat de dret públic sense ànim de lucre que aglutina els pescadors i la seva activitat professional en l'àmbit que li és propi: la franja litoral en el tram que va des del cap de Begur fins a la desembocadura de la riera de Ridaura, en plena Costa Brava.

La flota d'aquest port està formada per 23 vaixells d'arrossegament, 20 vaixells d'altres arts, 4 vaixells d'encerclament, d'unes dimensions màximes de 30 metres d'eslora i 6 de mànega.

Independentment a la zona del port coneguda com la dàrsena de pesca hi trobem embarcacions de lloguer i iots de gran eslora de caràcter particular. El nombre d'embarcacions a la dàrsena de pesca és de 20 unitats.



Figura XVII. Boies de la platja Gran de Palamós.

Font: Palamós Boats

Boies i pantalans

Port de Palamós i la Fosca

Entre el port pesquer i la platja gran hi ha la zona de boies i pantalans que gestiona l'empresa General Nàutic, amb capacitat per a un màxim de 160 embarcacions. En època d'estiu també s'instal·la a la platja de la Fosca (concretament en el sector oest de la badia) un camp de boies amb 50 places, i l'estacionalitat d'aquesta infraestructura va de juny a principis d'octubre.

A la zona de la Catifa entre el Club Nàutic Costa Brava i la Confraria hi trobem un pantalà flotant on s'amarren els bots de llum de les teranyines i barques de pescadors jubilats, concretament unes 30 embarcacions.



Figura XVIII. Moll comercial de Palamós.

Font: Ràdio Palamós



Figura XIX. Vista del moll comercial amb creuers amarrats.

Font. La Vanguardia (cedida per ports de Generalitat / ACN)

Port comercial

41.84212867796516, 3.1231318652903397

Aquest port es caracteritza perquè els únics vaixells que s'hi estacionen (i de forma puntual) són creuers turístics o vaixells de càrrega.

4.2. Flotes

Tal com s'ha vist anteriorment, la flota de Palamós no és poca cosa: 322 vaixells al Front al Mar, 67 vaixells al port de pesca (tenint en compte els de la dàrsena), 240 a les boies i als pantalans, 252 al Club Nàutic Costa Brava, i 902 al port Marina Palamós. Això suma un total de **1.783** embarcacions.

4.3. Vaixells i elements que no s'han tingut en consideració en aquest treball

A continuació, tracto sobre els vaixells que no he tingut en compte a l'hora de realitzar càlculs en aquest treball. Per una banda, tenim les embarcacions de temporada o els vaixells que fan recalada: que no hi tenen el port base, que no fan una estada fixa i regular al poble, i per tant no els hem pogut comptabilitzar, malgrat que també alliberen grans quantitats de coure.

Per altra banda, hi ha els vaixells que passen pel port comercial: a aquests vaixells, no els he pogut tenir en compte a l'hora de fer els càlculs. Són vaixells que utilitzen un *antifouling* totalment diferent dels altres vaixells, i evidentment en quantitats molt diferents també. Són vaixells que no es troben estacionats aquí durant un període llarg: després de descarregar/carregar el vaixell o de deixar unes hores perquè els passatgers passegin una estona pel poble, el vaixell marxa.

He pogut parlar amb el senyor Jordi Bataller, responsable de la gestió operativa dels Ports de la Generalitat. Concretament, gestiona el port de Palamós, i m'ha proporcionat informació sobre els vaixells que passen pel port comercial, és a dir, sobre creuers i vaixells de càrrega.

A continuació anoto les embarcacions que no s'han tingut en compte a l'hora de fer càlculs en aquest treball:

— Vaixells del port comercial: creuers i vaixells de càrrega

Al cap de l'any, de mitjana passen per Palamós 56 creuers, que són de 225,8 metres d'eslora mitjana, 31 metres de mànega, i 7,07 metres de calat. De mitjana, es troben estacionats al port comercial 10 hores i 24 minuts.

En canvi, de vaixells de càrrega, en passen 40 a l'any. De mitjana, aquests vaixells són de 130,4 metres d'eslora, 15,87 metres de mànega, i 8,8 metres de calat. Es troben estacionats al port 35 hores de mitjana.

Tot això són dades del 2022. Aquestes dades no s'han incorporat als càlculs d'aquest treball per diversos motius. En primer lloc, no he tingut accés a dades concretes sobre el tipus ni la quantitat d'*antifouling* que utilitzen. A més, la durada de les seves estades és molt irregular i seria molt complex fer una aproximació a l'impacte que tenen durant aquests períodes, malgrat que donades les dimensions d'aquestes embarcacions segur que és enorme.

— Vaixells que fan recalada

Hi ha vaixells d'esbarjo que fan trajectes molt llargs i paren a Palamós una o diverses nits. Evidentment, en certa manera, incrementen la presència del coure a l'aigua, però jo no ho he pogut comptabilitzar. Aquest tipus de viatgers són molt habituals a l'estiu.

— Infraestructures portuàries i altres

En aquest treball centrem l'atenció en els vaixells que utilitzen recobriments antiincrustants, però això no vol dir que les patents no tinguin altres aplicacions. Moltes de les estructures portuàries submergides també es recobreixen amb aquestes pintures: igual que els organismes s'incrusten a les obres vives de les embarcacions, també ho fan als flotadors de les passarel·les i als *fingers* de diferents ports, a les boies de senyalització o meteorològiques, als pantalans dels ports, etc.



Figura XX. Aplicant *antifouling* al moll de Palamós.

Font pròpia

Malgrat que en aquest treball aquests elements no es tenen en compte, cal que siguem conscients que existeixen i que pel seu tractament/manteniment se'ls aplica *antifouling* de forma periòdica de la mateixa forma que es fa amb les embarcacions.

4.4. Manteniment naval

Totes les embarcacions necessiten manteniment de forma regular. Una part important d'aquest manteniment té a veure amb canviar la pintura antiincrustant del vaixell, que depenent del cas, té uns passos o en té uns altres. El més aconsellable és canviar la pintura una vegada a l'any. El primer pas a seguir després de treure l'embarcació de l'aigua és netejar el casc (o la part submergida de l'embarcació) amb una pistola d'aigua a pressió, eliminant així les incrustacions menys adherides. A continuació, es fa un repàs manual amb una rasqueta per acabar de treure les incrustacions més resistents. Si el vaixell és de fusta, s'haurà de procedir a netejar les juntes del casc, que és on s'adhereixen molts d'aquests organismes. També s'ha de netejar amb paper de vidre o amb una polidora les parts metàl·liques del vaixell (hèlice, aixetes de fons, timons metàl·lics, etc.). Un cop finalitzat el procés de preparació, s'ha de deixar secar el vaixell durant uns dies (depenent del material del vaixell: si és de fusta serà més temps que si el casc és d'acer o de fibra de vidre...). I després de preparar el casc, ja es pot aplicar la primera capa de pintura.



Part de recerca

La metodologia aplicada en la part pràctica, principalment, s'ha basat en dos elements: en les enquestes, que es presenten en aquest primer apartat i en les anàlisis de mostres d'aigua.

Aquestes mostres es van analitzar en el laboratori del Departament de Química de la Universitat de Girona, i han servit per contrastar la informació recollida amb les enquestes.

5. Aproximació de la quantitat de coure al mar a partir d'enquestes

En aquest apartat, es calcula la quantitat de coure que s'aplica en vaixells anualment a la localitat de Palamós. Cal destacar que hi ha una sèrie de factors que fan que el càlcul pugui no ser del tot precís, tal com comentarem al final d'aquest apartat.

5.1. Metodologia de treball

He fet enquestes en tres sectors, com a població objecte d'estudi, perquè era la forma més fàcil d'aconseguir la informació que necessitava:

- A professionals d'empreses
- A usuaris particulars
- Al senyor Jordi Bataller, responsable de gestió operativa de Ports de la Generalitat, que m'ha proporcionat informació sobre els creuers i els mercants que venen a Palamós cada any.

Enquestes realitzades

A professionals i empreses dedicades al manteniment d'embarcacions	9	Representen el 76% de les embarcacions amb amarrador a Palamós
A usuaris particulars	151	—
A capitania marítima	1	Per obtenir informació de les embarcacions del moll comercial

Taula II. Resum enquestes realitzades.
Font pròpia

En total he realitzat 161 enquestes, majoritàriament a particulars com es recull en el quadre anterior perquè:

— Els sectors objectiu representen uns col·lectius limitats.

— La recollida de la informació ha resultat costosa, sobretot als usuaris particulars, perquè segons el dia i el moment en què es visitin els ports, el nombre de persones pot variar molt. No només això, sinó que a vegades la disponibilitat d'aquestes persones per respondre no existeix.

A causa d'això, el percentatge d'enquestes realitzades a cada port no ha quedat del tot equilibrat.

Les enquestes les he dissenyades amb un sistema de respostes tancades per tal de facilitar posteriorment el tractament de la informació. I la proposta inicial la vaig validar amb un tècnic del Museu de la Pesca expert en embarcacions i manteniments navals.

Abans de realitzar les entrevistes de forma generalitzada, es van provar els models amb algunes persones que es van oferir de manera desinteressada per respondre les preguntes de forma prèvia.

5.2. Enquestes

5.2.1. Enquestes a particulars

Les enquestes s'han realitzat de manera presencial, a excepció d'una petita part, que es van respondre de forma telemàtica. Amb la complicitat de l'Associació Front al Mar que va enviar als seus associats la meua enquesta, vaig rebre algun qüestionari per correu, tot i que les respostes eren molt menys precises que quan les vaig fer de manera presencial.

El model d'enquesta definitiu és el que es mostra a continuació.

PORT	Marina	C. Brava	Pesca	F. de mar	Boies / pantalans	altres	NÚM.
MESURES	Eslora	Mànega	Calat				Nom de l'embarcació
ÚS	Pesca	Lloguer	Esbarjo	Altres			
Freqüència de pintat aprox.	6m	12m	18m	altres			
FREQ. D'ÚS (en cops l'any)	menys de 10	de 10 a 50	De 50 a 100	més de 100			
QUI FA LA VARADA							
Equip propi				Professionals externs			
Quants kg de patent utilitzeu aproximadament				Qui?			
tipus de patent							
matriu dura	Autopolimentable / matriu tova		0 biocides				
marca de la patent							
OBSERVACIONS:							

Figura XXI. Model de fitxa utilitzada per a les enquestes a particulars.

Font pròpia

D'aquesta fitxa vull puntualitzar algunes qüestions:

— Les patents autopolimentables i les de matriu tova, les he ajuntat en un únic grup per la similitud que hi ha entre elles mateixes, com s'ha explicat en l'apartat corresponent de la part teòrica. Fins i tot els mateixos usuaris les confonen a vegades.

— Amb aquesta fitxa vaig recollir algunes dades que finalment no he utilitzat en l'elaboració dels resultats, com per exemple la freqüència d'ús de l'embarcació, que en un principi vaig considerar que seria un element important, però després no ha encaixat en la forma que he treballat la informació.

— En l'apartat de l'enquesta de «Qui fa la varada», es veu a l'esquerra la informació recollida d'aquelles embarcacions en què el mateix propietari s'ocupa d'aquesta operació, que he descrit com «equip propi». I a la dreta, l'apartat que emplenava per a aquells que encarreguen el manteniment a una empresa externa, «professionals externs».

I és a partir de les dades de l'apartat "equip propi" que s'han extret les xifres d'usuaris particulars que es presenten en aquest treball, ja que l'altre grup (encàrrec a externs) l'entenc inclòs als resultats de les enquestes a professionals.

5.2.2. Enquestes a particulars: resultats

De les 151 enquestes realitzades a usuaris particulars, no he obtingut resultats rellevants a l'hora de fer càlculs sobre el coure, com havia previst inicialment. Tanmateix, presento un resum de tota la informació obtinguda a l'annex 1 d'aquest treball.

A grans trets, el resum d'aquestes enquestes pel que fa a l'ús de patents es recull a continuació.

RESUM ENQUESTES A PARTICULARS					
Port	Total enquestes	Fan ells mateixos la varada		Encarreguen la varada a professionals	
		valor absolut	%	valor absolut	%
Port Marina	58	5	8,6	53	91,4
CN Costa Brava	36	6	16,7	30	83,3
Moll Pesquer	26	26	100,0		0,0
Front al mar	24	18	75,0	6	25,0
Boies i Pantalans	7	5	71,4	2	28,6
TOTALS	151	60	39,7	91	60,3

Taula III. Resum dels resultats de les enquestes a particulars.

5.2.3. Enquestes a professionals

Parlar amb aquestes empreses m'ha proporcionat molta informació: i així va ser. He parlat amb 9 empreses diferents, però en realitat he obtingut informació sobre 1.360 vaixells de Palamós que representen el 76,27% de la flota total.

Fitxa núm:		
Empresa:		
De mitjana, a quants vaixells apliqueu antifouling cada any?		
Mides mitjans del vaixells que pinten.	Eslora:	
	Mànega:	
	Calat:	
Per un vaixell d'aquestes dimensions quants kilograms de pintura antigouling utilitzen?		
En quina proporció apliquen els diferents tipus de patent:	Matriu dura:	
	Autopolimentable / matriu tova:	
	Zero biocides:	
	Altres:	
Quines marques i models de pintura antifouling utilitzeu habitualment?		
De mitjana, cada quan es pinten els vaixells?		
Model utilitzat.		
Percentatge de components de coure:		
Model utilitzat.		
Percentatge de components de coure:		
Model utilitzat.		
Percentatge de components de coure:		

Figura XXII. Model per a les enquestes a professionals.

Font pròpia

A partir d'aquestes enquestes he pogut calcular la quantitat d'elements amb coure que apliquen anualment de mitjana els pintors professionals del sector nàutic.

5.2.4. Enquestes a professionals: càlculs i resultats

A continuació, mostro les quantitats estimades de coure segons les dades facilitades per empresa i any, i els paràmetres i càlculs aplicats.

Els percentatges de cada tipus de pintura, els he obtingut de dues fonts diferents. Per una banda, he fet servir les fitxes de seguretat de les pintures, segons les diferents marques a través de les pàgines comercials o a partir de les etiquetes dels pots de pintura quan hi he tingut accés.

Empresa NÀUTICA PALAMÓS

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **450**

Kg d'*antifouling*/any: **900 kg**

Marca *antifouling*: **Hempel**

Tipus de pintura: **Autopolimentable**

Model: **Mille NCT**

Composició de coure: **Tiocianat de coure (CuSCN)**

Percentatge composició de coure:

17,5% (entre un 10% i un 25%)

Càlculs: $(900/100 \times 17,5) = 157,5$ kg CuSCN

Total de coure: **157,5 kg CuSCN**

Empresa GENERAL NÀUTIC

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **130**
Kg d'*antifouling*/any: **260 kg**
Marca *antifouling*: **Jotun**
Tipus de pintura: **Matriu dura i autopolimentable**
Models: **Non Stop EC (130kg), Racing VK (130kg)**
Composició de coure: **Òxid de coure (Cu₂O) (en els 2 models)**

Percentatge composició de coure:
Non Stop EC 7,0%. Racing VK 22,02%
Càlculs: $130/100 \times 7,0 = 9,1$ kg Cu₂O /
 $(130/100 \times 22,02) = 28,6$ kg Cu₂O
Total de coure: **37,73 kg Cu₂O**

Empresa METROPOL

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **140**
Kg d'*antifouling*/any: **420 kg**
Marca *antifouling*: **Imnasa**
Tipus de pintura: **Autopolimentable**
Model: **Performance**
Composició de coure: **Cu₂O**

Percentatge composició de coure: **26,6%**
Càlculs: $(420/100 \times 26,6) = 111,72$ kg Cu₂O
Total de coure: **111,72 kg Cu₂O**

Empresa NÀUTICA COSTA BRAVA

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **200**
Kg d'*antifouling*/any: **300 kg**
Marca *antifouling*: **Marlin i Hempel**
Tipus de pintura: **Autopolimentable**
Model: **303 (de Marlin), Cruising Performer (Hempel)**
Composició de coure: **CuSCN (al model 303),
Cu₂O (al Cruising Performer)**

Percentatge composició de coure:
**17,5% (al model 303), 37,5%
(al Cruising Performer)**
Càlculs: $(150/100 \times 17,5) = 26,25$ kg
CuSCN/ $(150/100 \times 37,5) = 56,25$ kg Cu₂O
Total de coure: **26,25 kg CuSCN
i 56,25 kg Cu₂O**

Empresa CLUB NÀUTIC COSTA BRAVA

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **150**
Kg d'*antifouling*/any: **300 kg**
Marca *antifouling*: **Jotun**
Tipus de pintura: **Matriu dura i autopolimentable**
Model: **Racing VK, Non Stop EC**
Composició de coure: **Cu₂O (a les 2)**

Percentatge composició de coure:
**22,02% (Racing VK),
7,0% (Non Stop EC)**
Càlculs: $(150/100 \times 22,02) = 33,03$ kg Cu₂O /
 $(150/100 \times 7,0) = 10,5$ kg Cu₂O
Total de coure: **43,53 kg Cu₂O**

Empresa PINTFUST

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **100**
Kg d'*antifouling*/any: **150 kg**
Marca *antifouling*: **Titan**
Tipus de pintura: **Matriu dura i autopolimentable**
Model: **Lixivante**
Composició de coure: **Cu₂O**

Percentatge composició de coure: **22,5%**
Càlculs: $(150/100 \times 22,5) = 33,75$ kg Cu₂O
Total de coure: **33,75 kg Cu₂O**

Empresa PINTURA NÀUTICA FERRÉ

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **40**
 Kg d'*antifouling*/any: **140 kg**
 Marca *antifouling*: **Hempel**
 Tipus de pintura: **Matriu dura i autopolimentable**
 Model: **Mille NCT**
 Composició de coure: **CuSCN**

Percentatge composició de coure: **17,5%**
 Càlculs: $(140/100 \times 17,5) = 24,5$ kg CuSCN
 Total *antifouling*: **24,5 kg CuSCN**

Empresa NÀUTICA VORAMAR

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **100**
 Kg d'*antifouling*/any: **300 kg**
 Marca *antifouling*: **Hempel**
 Tipus de pintura: **Matriu dura**
 Model: **Bravo II**
 Composició de coure: **Cu₂O**

Percentatge composició de coure: **37,5%**
 Càlculs: $(300/100 \times 37,5) = 112,5$ kg Cu₂O
 Total *antifouling*: **112,5 kg Cu₂O**

Empresa FRIGOLA PINTORS

Nombre d'embarcacions que pinten de mitjana cada any: **50**
 Kg d'*antifouling*/any: **200 kg**
 Marca *antifouling*: **Jotun i International**
 Tipus de pintura: **Matriu dura i autopolimentable**
 Model: **Non stop EC (de Jotun) /**
Micron superior (International)
 Composició de coure: **Cu₂O (als 2 models)**

Percentatge composició de coure:
7,0 (al Non Stop EC) /
31,93% (al Micron Superior)
 Càlculs: $(100/100 \times 7,0) = 7$ kg Cu₂O /
 $(100/100 \times 31,93) = 31,93$ kg Cu₂O
 Total *antifouling*: **7 + 31,93 = 38,93 kg Cu₂O**

Total de coure de totes les empreses enquestades

Cu₂O (òxid cuprós): 434,41 kg
CuSCN (tiocianat de coure): 208,25 kg

Empresa	Núm. embarcacions pintades a l'any	Kg d' <i>antifouling</i> a l'any	Marca pintura	Model	Kg. de formulacions amb coure	
Nàutica Palamós	450	900	Hempel	Mille NCT	157,5	CuSCN
General Nautic	130	260	Jotun	Non Stop EC i Racing VK	37,73	Cu ₂ O
Metropol	140	420	Imnasa	Performance	111,72	Cu ₂ O
Nàutica Costa Brava	200	300	Marlin	303	26,25	CuSCN
			Hempel	Cruising Performer	56,25	Cu ₂ O
Club Nàutic Costa Brava	150	300	Jotun	Racing VK i Non Stop EC	43,53	Cu ₂ O
Pintfust	100	150	Titan	Lixivante	33,75	Cu ₂ O
Pintura Nàutica Ferré	40	140	Hempel	Mille NCT	24,5	CuSCN
Nàutica Voramar	100	300	Hempel	Bravo II	112,5	Cu ₂ O
Frigola Pintors	50	200	Jotun i International	Non stop EC (de Jotun) / Micron superior (International)	38,93	Cu ₂ O
		2970			642,66	

Taula IV. Resum de les dades recollides entre els professionals de manteniment d'embarcacions.

Font pròpia

Mitjançant factors de conversió, dividint els kg de Cu₂O i de CuSCN entre les seves respectives masses moleculars, i multiplicant-ho posteriorment pel pes molecular del coure pur, he pogut extreure el total de Cu pur:

$$434,41 \text{ kg Cu}_2\text{O} \times \frac{1\text{mol}}{143,09\text{g}} \times \frac{2\text{molCu}}{1\text{molCu}_2\text{O}} \times \frac{63,546\text{g}}{1\text{mol}} = 385,84 \text{ kg de Cu}$$

$$208,25 \text{ kg CuSCN} \times \frac{1\text{mol}}{121,62\text{g}} \times \frac{63,546\text{g}}{1\text{mol}} = 108,8 \text{ kg de Cu}$$

385,84 kg de Cu + 108,8 kg de Cu = **494,64 kg de Cu**

En sumar aquestes dues xifres, obtenim els kg de coure pur que, segons les dades obtingudes a través de les enquestes, el conjunt de les principals empreses d'aplicació de pintures nàutiques de Palamós apliquen cada any per pintar un total de 1.360 vaixells.

5.2.2. Càlculs de coure a Palamós

Per realitzar aquests càlculs de quantitats estimades de coure, el primer que cal tenir en compte és quantes embarcacions hi ha a Palamós:

- Nàutica popular Front al Mar: **322** embarcacions
- Port Marina Palamós: **902** embarcacions
- Port de Pesca: **47** embarcacions
- Club Nàutic Costa Brava: **252** embarcacions
- Dàrsena pesquera: **20** embarcacions
- Boies de la Fosca: **50** embarcacions
- Boies i pantalans de la platja Gran: **160** embarcacions
- Passarella de la Confraria: **30** embarcacions

Per tant, la suma de places de vaixells a Palamós és de **1.783**. Cal tenir en compte que aquest càlcul és una estimació, perquè pot ser que hi hagi algun amarrament lliure. Cal tenir en compte, que, tal com diuen les enquestes a les empreses, aproximadament 1.360 d'entre el total de 1.783 vaixells són pintats per empreses pintores de Palamós; per tant, ja tenim informació sobre la majoria dels vaixells de Palamós.

Sabem el coure que desprenen 1.360 dels 1.783 vaixells de Palamós; per tant, ara, l'única dada que queda per conèixer és la quantitat de coure que anualment es desprèn a Palamós a causa de les pintures antiincrustants. Ho faig mitjançant la següent regla de tres:

- 1.360 embarcacions • 494,64 kg de coure
- 1.783 embarcacions • X kg de coure
- **X = 648,5 kg de coure**

Per fer aquest càlcul he tingut en compte que de 1.360 vaixells es desprenen **494,64 kg** de Cu a Palamós. Llavors he hagut de calcular el que sortiria de 1.783 vaixells, que són els que hi ha a Palamós. La conclusió d'aquest apartat és que **a Palamós, a partir de les pintures antifouling, teòricament entren en contacte amb l'aigua aproximadament 648,5 kg de Cu.**

6. Comprovació de la presència de coure al mar a través d'analítiques d'aigua

Per contrastar els resultats de l'estimació del coure aplicat en forma de pintures *antifouling* a Palamós, hem dut a terme unes analítiques de mostres d'aigua del mar recollides a diferents punts del litoral. Aquestes analítiques les ha dut a terme el laboratori de química de la Universitat de Girona. L'objectiu ha estat comprovar si hi havia coure a l'aigua, quina quantitat i si hi havia diferències entre els diferents punts on es van prendre les mostres i en diferents moments al llarg de l'any.

6.1. Presa de mostres d'aigua

He fet el mostreig dues vegades: una a la primavera, i una al setembre.

La recollida es va fer amb ampolles de dos litres d'aigua embotellada on no hi havia anat cap altre producte i les embocadures de les quals es van mantenir allunyades del contacte amb les mans o qualsevol altre element.

Com que en el moment de recollida de les primeres mostres, l'aigua estava freda per submergir-s'hi, vaig fabricar una fusta calibrada a un metre per poder submergir les ampolles a profunditat idèntica en cada punt.

Les ampolles es van submergir tapades i quan estaven a la profunditat correcta es destapaven tibant d'un cordill que retirava el tap de l'embocadura. La recollida es va fer des d'un vaixell.



Figura XXIII.
Estri dissenyat perquè les mostres de la primavera es recollissin totes a la mateixa profunditat.

Font pròpia



Figura XXIV.
Recollida de mostres del mes d'agost.
Font pròpia

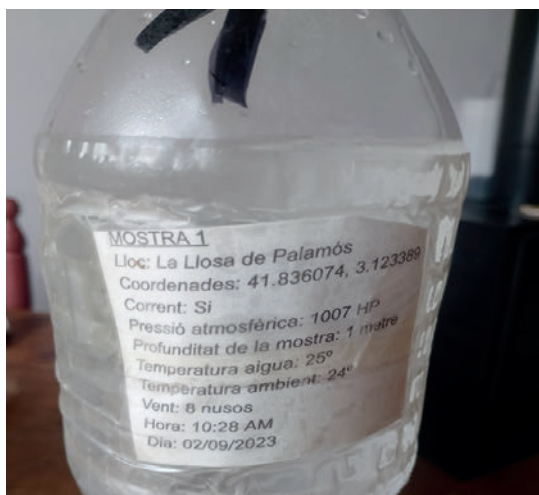


Figura XXV.
Ampolla amb mostra d'aigua, etiquetada
per enviar al laboratori.
Font pròpia

La recollida del mes d'agost ja es va poder fer directament, utilitzant un flexòmetre fixat en una fusta per assegurar que es feia a un metre de profunditat com les del mes d'abril.

Les ampolles amb les mostres d'aigua recollides es van etiquetar perquè quedessin ben identificades i arribessin al laboratori amb la informació de cada punt de mostreig.

Mentre no es van traslladar al laboratori, les vaig guardar en una nevera. A les etiquetes s'hi van recollir alguns factors ambientals del moment de la recollida.

Etiquetes de les mostres recollides el mes d'abril.

MOSTRES RECOLLIDES EN DATA 10/04/23		
Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3
Lloc: La Llosa de Palamós Coordenades 41°83,6 N; 3°12,3 E Corrent: No Pressió atmosfèrica: 1015 HP Profunditat de la mostra: 1 metre Temperatura de l'aigua: 14° Temperatura ambient: 17° Vent: 1 nus Dia: 10/4/23 Hora: 11:57 AM	Lloc: Nàutica Popular Front al Mar Coordenades 41°84,5 N; 3°12,6 E Corrent: No Pressió atmosfèrica: 1015 HP Profunditat de la mostra: 1 metre Temperatura de l'aigua: 14° Temperatura ambient: 17° Vent: 0 nus Dia: 10/4/23 Hora: 12:13 PM	Lloc: Port Esportiu Marina Palamós Coordenades 41°84,6 N; 3°13,3 E Corrent: No Pressió atmosfèrica: 1018 HP Profunditat de la mostra: 1 metre Temperatura de l'aigua: 15° Temperatura ambient: 18° Vent: 1 nus Dia: 10/4/23 Hora: 1:23 PM

Etiquetes de les mostres recollides el mes d'agost.

MOSTRES RECOLLIDES EN DATA 02/09/23		
Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3
Lloc: La Llosa de Palamós Coordenades 41°83,6 N; 3°12,3 E Corrent: Si Pressió atmosfèrica: 1007 HP Profunditat de la mostra: 1 metre Temperatura de l'aigua: 25° Temperatura ambient: 24° Vent: 8 nusos Dia: 02/09/23 Hora: 10:28 AM	Lloc: Nàutica Popular Front al Mar Coordenades 41°84,5 N; 3°12,6 E Corrent: No Pressió atmosfèrica: 1007 HP Profunditat de la mostra: 1 metre Temperatura de l'aigua: 25° Temperatura ambient: 24° Vent: 7 nusos Dia: 02/09/23 Hora: 10:54 AM	Lloc: Port Esportiu Marina Palamós Coordenades 41°84,6 N; 3°13,3 E Corrent: No Pressió atmosfèrica: 1008 HP Profunditat de la mostra: 1 metre Temperatura de l'aigua: 25° Temperatura ambient: 27° Vent: 3 nusos Dia: 02/09/23 Hora: 14:28 PM

6.1.1. Punts de mostreig

D'acord amb la doctora Anticó i els tècnics del Museu de la Pesca, es va decidir recollir mostres en tres punts diferents:

1. La Llosa de Palamós. Coordenades: 41.836074, 3.123389
2. Passarel·la Front al Mar. Coordenades: 41.845373, 3.126595
3. Port Marina. Coordenades: 41.846076, 3.133169

Es va decidir prendre mostres en llocs ben diferenciats: a mar obert (la Llosa), aigües tancades (port Marina) i en un port obert amb bona circulació d'aigua (Front al Mar) per comprovar si hi havia diferències en la quantitat i concentració de coure.



Figura XXVI. Vista aèria Google Maps amb indicació dels punts de mostreig.

Font: Google Maps amb incorporació de rètols per part de l'autor

6.2. Metodologia de les anàlisis de laboratori

Les anàlisis es van fer a la Facultat de Química de la Universitat de Girona, sota la direcció de la doctora Enriqueta Anticó. Segons la doctora Anticó, la tècnica utilitzada s'anomena "espectrometria de masses per plasma d'acoblament inductiu" i, segons ens ha explicat, es tracta d'un "plasma del gas argó (Ar) que a causa de les temperatures molt elevades, 10.000 K o més, té la capacitat de ionitzar els àtoms gasosos que s'han format en el plasma a partir d'un aerosol líquid. El senyal (comptes) és funció de la relació massa/càrrega (m/z) i, per tant, és selectiu a cada element (isòtop) de la taula periòdica: més nombre de comptes indica més concentració d'aquell isòtop. En el cas del coure, en són dos: ^{63}Cu i ^{65}Cu . Per poder-ho relacionar amb la concentració de l'element a la solució (aigua de mar), es necessita preparar una sèrie de solucions patró de concentració coneguda de coure i ajustar la resposta a una funció lineal. És a dir, s'acaba tenint una equació del tipus $y = ax + b$ on y és el nombre de comptes i x és la concentració. Com que les sals (NaCl) no van bé per a l'instrument, s'utilitza com a matriu NaCl 3 M, i l'aigua de mar la diluïm a la meitat (que correspon aproximadament a aquesta concentració de NaCl)".

6.3. Resultats de les anàlisis

Els resultats es recullen en els següents quadres:

Anàlisis del	10 d'abril de 2023
Punt 1 (la Llosa)	1.6 microgram Kg-1 Cu
Punt 2 (Front al Mar)	4.5 microgram Kg-1 Cu
Punt 3 (port Marina)	6.5 microgram Kg-1 Cu

Anàlisis del	2 de setembre del 2023
Punt 1 (la Llosa)	més d'1.5 microgram Kg-1 Cu
Punt 2 (Front al Mar)	més d'1.5 microgram Kg-1 Cu
Punt 3 (port Marina)	11.7 microgram Kg-1 Cu

Si contrastem la quantitat de coure que hi ha a l'abril amb els valors del mes de setembre, en algun cas hi podem apreciar diferències. Segons els resultats de les anàlisis del setembre, en els punts 1 i 2 no podem fer un contrast de forma exacta. En canvi, en el punt 3, podem apreciar que al setembre, després del gran moviment de vaixells durant l'estiu, la quantitat de coure pràcticament s'ha duplicat respecte a l'abril. Això ho relaciono al fet que el port Marina (punt 3) és un lloc tancat, amb una circulació d'aigua molt inferior a la que hi ha a mar obert.

Per tant, podem pensar que en espais oberts el coure procedent de les pintures antiincrustants es dissol en l'aigua i es dissipa fàcilment amb l'onatge i els corrents marins. Els resultats de les anàlisis en els punts de la Llosa i Front al Mar així ho indiquen. En canvi, en espais tancats, com els ports nàutics amb les dàrsenes més tancades, la concentració de coure és més alta, i el risc de contaminació per a l'ecosistema és major.

7. Conclusions del treball

Després de l'anàlisi dels resultats de les enquestes i de les dades obtingudes a través de les mostres d'aigua analitzades al laboratori de la Universitat de Girona, puc extreure les següents conclusions:

1. He confirmat la hipòtesi del treball: efectivament, **les pintures antiincrustants estan alliberant una gran quantitat de coure** als ecosistemes marins de Palamós.
2. Aquesta contaminació **és més accentuada en zones tancades**, amb poca circulació d'aigua i amb **una elevada densitat d'embarcació**

Per altra banda, al principi del treball havia marcat uns objectius:

- Fer una estimació de la quantitat de coure que anualment arriba als ecosistemes marins de Palamós:

Mitjançant càlculs realitzats a partir de les enquestes a empreses que es dediquen a l'aplicació de pintures nàutiques, arribo a la conclusió teòrica que s'apliquen al voltant de 650 kg de Cu a l'any als vaixells dels ports de Palamós (he comptabilitzat 1.783 vaixells).

- Comprovar si durant la temporada alta turística a Palamós, quan hi ha una més gran concentració d'embarcacions, la presència de coure a l'aigua és major.

Sí, sobretot en espais tancats, com és el cas del port Marina, tal com ho demostren les anàlisis de les mostres d'aigua fetes als laboratoris de la UdG, on s'aprecia un augment de coure considerable després de la temporada d'estiu a diferència de la resta de punts de mostreig, on la presència de coure es manté constant.

- Conèixer millor la problemàtica de la contaminació provocada pel coure.

Per dur a terme aquest treball he hagut de consultar molta bibliografia i he hagut de parlar amb molta gent del sector nàutic, per arribar així a la conclusió que la contaminació marina, i especialment la contaminació per coure, és una problemàtica molt greu i força desconeguda per a la societat en general. Crec que cal prendre mesures per regular la indústria dels productes antiincrustants.

- Fer recomanacions per evitar aquest tipus de contaminació.

Primer de tot, i com he dit en el punt anterior, crec que és essencial regular de forma més estricta la indústria i els components dels productes antiincrustants. També crec que és necessari fer recerca per trobar i desenvolupar nous productes antiincrustants que no siguin nocius per al nostre planeta. D'altra banda, tot i que potser econòmicament són menys assequibles i més desconeguts, recomano l'ús de tractaments antiincrustants sense biocides.

Donada la complexitat de la temàtica d'aquest treball, segur que a aquest estudi li manquen elements que, per temps, extensió i coneixements, no s'han pogut tenir en compte. Per això, animo a altres estudiants a continuar investigant sobre la contaminació química que provoquen les pintures antifouling i altres fonts contaminants que ara desconecim per bé de conservar el planeta i reconduir els errors que hem comès fins ara. ■

Bibliografia

ALONSO FELIPE, J.V. *Evaluación de efectos de biocidas contenidos en recubrimientos "antifouling" (AF coatings) en ecosistemas marinos*. [Trabajo final del máster oficial en investigación, modelización y análisis del riesgo en medio ambiente]. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid, 2011.

Disponible a: <https://oa.upm.es/33952>

AMARA, I., MILED, W., SLAMA, R. B., & LADHARI, N. "Antifouling processes and toxicity effects of antifouling paints on marine environment. A review". *Environmental toxicology and pharmacology*. 2018, vol. 57, p. 115-130.

ANSARI, T. M., MARR, I. L., & TARIQ, N. "Heavy metals in marine pollution perspective. A mini review". *Journal of Applied Sciences*. 2004, vol. 4, núm. 1, p. 1-20.

ATOCHÉ ORDÓÑEZ, L.M. *Niveles de metales en mejillones procedentes de instalaciones portuarias*. [Trabajo final del máster en evaluación ambiental de ecosistemas marinos y costeros. Colección EPSG. Trabajos académicos, 4644]. Universitat Politècnica de València. València, 2017.

Disponible a: <https://riunet.upv.es/handle/10251/90153?show=full>

BROOKS, S. J., & WALDOCK, M. "Copper Biocides in the Marine Environment". *Ecotoxicology of Antifouling Biocides*. Takaomi Arai, Hiroya Harino, Madoka Ohji, William John Langston Editors. Springer 2009, p. 413-428.

Disponible a: <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/77994/1/Takaomi%20Arai.pdf>

CAMPRODON BOADAS, T. *Análisis comparativo de la eficacia y el impacto ambiental de diferentes tratamientos antifouling en embarcaciones marinas*. [Trabajo final de grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval]. Colecciones Facultat de Nàutica de Barcelona. Departament de Ciència i Enginyeria Naval. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2023.

Disponible a: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/392142/181641_181641CamprodonBoadasTomasTFG.pdf?sequence=2

CANDELAS CORRALES, G. *Estudio y realización de base de datos de pinturas antifouling para embarcaciones de recreo*. [Trabajo final de grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnología Naval]. Colecciones Facultat de Nàutica de Barcelona. Departament de Ciència i Enginyeria Naval. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2018.

Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/119368>

CINDRIĆ, A. M., GARNIER, C., OURSEL, B., PIŽETA, I., & OMANOVIĆ, D. "Evidencing the natural and anthropogenic processes controlling trace metals dynamic in a highly stratified estuary: The Krka River estuary (Adriatic, Croatia)". *Marine pollution bulletin*. 2015, núm. 94 vol. 1-2, p. 199-216.

DOMÍNGUEZ COLOMINAS, M. *L'antifouling. Efectes sobre els esculls marins*. [Treball de recerca de 2n de batxillerat]. Escola Vedruna Gràcia. Barcelona, 2014.

Disponible a: https://www.edubcn.cat/rcs_gene/treballs_recerca/2014-2015-06-1-TR.pdf

EISLER, R. *Copper Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review*. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. 1998.

Disponible a <https://bit.ly/47NtAiY>

MENDIGUCHÍA, C., MORENO, C., & GARCÍA-VARGAS, M. "Determination of copper in seawater based on a liquid membrane preconcentration system". *Analytica Chimica Acta*. 2002, vol. 460, núm. 1, p. 35-40.

TÁBORA S., SHISBETH D. *Efecto del cobre y zinc en la comunidad microbiana del río Arkansas, Leadville, Colorado, Estados Unidos*. Escuela Agrícola Panamericana. 2017.

TURNER, A. "Marine pollution from antifouling paint particles". *Marine pollution bulletin*. 2010, vol. 60, núm. 2, p. 159-171.

Webgrafia

Agència Europea de Productes Químics (Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas).
<http://echa.europa.eu/informations-on-chemicals/biocidal-active-substances>

Associació Front al Mar de Palamós. <https://frontalmar.cat/>
(Consultat: 2023).

Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/>
(Consultat: 2023).

Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/>
(Consultat: 2023).

Port Esportiu Marina Palamós. <https://www.marinapalamos.com/>
(Consultat: 2023).

Fonts d'informació de les pintures *antifouling*:

<https://www.hempel.com/es-es/productos/hempels-mille-nct-71890-71890>

<https://jotundatasheetsprod.blob.core.windows.net/tds/TDS%C2%A432342%C2%A4NonStop%20II%C2%A4Esp%C2%A4ES.pdf>

<https://jotundatasheetsprod.blob.core.windows.net/tds/TDS%C2%A4272%C2%A4Racing%C2%A4Esp%C2%A4ES.pdf>

<https://www.imnasa.com/es/antifouling/antifouling-perfomance-ip-3-0-75-l-imnasa-18250254>

<https://marlinpaint.com/es/prodotto/303-3/>

<https://www.hempel.com/es-es/api/Hempel/DataSheet/PDS/Download/7168E/es-ES>

http://ficheros.industriastitan.es/titan/FICHAS%20TECNICAS/06L_0000_PATENTE_AUTOPULIMENTABLE_LIXIVIANTE_es.pdf

https://www.mercapinturas.es/fichas_tecnicas/productos-nautica/ANTIFOULING-BRAVO.pdf

<https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgzGwHzBVMDLMFNCVgNnglZIKdPsq?projector=1&messagePartId=0.3>

Annex1. Mostra il·lustrativa consultable en línia

RECAPITULATIVO DE PARTICIPANTES DE CADA UNIDADE																				
Nº	Unidade	Nome	Curso	Sexo	Idade	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação	Formação
1	UNIDADE 1	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	UNIDADE 2	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	UNIDADE 3	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	UNIDADE 4	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	UNIDADE 5	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	UNIDADE 6	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	UNIDADE 7	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	UNIDADE 8	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	UNIDADE 9	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	UNIDADE 10	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	UNIDADE 11	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	UNIDADE 12	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	UNIDADE 13	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	UNIDADE 14	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	UNIDADE 15	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	UNIDADE 16	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	UNIDADE 17	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	UNIDADE 18	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	UNIDADE 19	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	UNIDADE 20	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	UNIDADE 21	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	UNIDADE 22	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	UNIDADE 23	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	UNIDADE 24	ALMEIDA	Curso	M	25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Premi de Recerca
Vila de Palamós

- | | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------------|--|
| 2007-2008
8a edició | 13 ANYS D'AGERMANAMENT
1995 – 2008 Palamós – Rheda-Wiedenbrück
Guillem Batllori Pagès | 2012-2013
13a edició | BENVINGUTS A PALAMÓS
I GUIA TURÍSTICA
Raquel Hidalgo Freixa |
| 2008-2009
9a edició | LA MEDICINA
DEL SEGLE XX A PALAMÓS
Núria Vidal Robau | 2013-2014
14a edició | Premi declarat desert |
| 2009-2010
10a edició | "INOLVIDABLES, PARES,
ÀVIA I GERMANÀ..."
Marc Collell Grassot | 2014-2015
15a edició | HISTÒRIA DE LA MINERIA
A SANT JOAN DE PALAMÓS
Marcel Bofill Sureda |
| 2010-2011
11a edició | ANÀLISI GEOGRÀFICA
DE LES PATOLOGIES
DIAGNOSTICADES
A L'HOSPITAL COMARCAL
DE PALAMÓS
2010
Maria del Mar Martí Llobet | 2015-2016
16a edició | OBRIR LA PORTA
A L'INCONSCIENT
Educació i creativitat.
Un cas d'estudi: alumnes de diferents
èpoques de l'Institut de Palamós
Lorena Vilches Robledillo |
| 2010-2011
11a edició | LACTÀNCIA MATERNA
A PALAMÓS
Safae Abouzian | 2016-2017
17a edició | VERD, VERMELL I MARRÓ
Estudi de la comunitat macroalgal
de cala Margarida
Jordi Morcillo Baeza |
| 2011-2012
12a edició | IMPACTE SOCIOECONÒMIC
DE LA CRISI A PALAMÓS
2005-2010
Marta Sarret Comes | 2017-2018
18a edició | Premi declarat desert |
| | | 2018-2019
19a edició | QUANT MESURA
LA COSTA CATALANA?
Anàlisi de la teoria fractal
Júlia Martí Llobet |

Premi de Recerca
Vila de Palamós

- 2019-2020** I SI FEM EL PRIMER PAS?
20a edició Una mirada al passat
per avançar cap al futur
Aina Calafell Bailín
- 2019-2020** NOVES COMPANYIES
20a edició Espècies invasores i vespa asiàtica
Marc Aguilera Pagès
- 2020-2021** COMPORTAMENT
DELS ORGANISMES
BENTÒNICS DEL FONS MARÍ
INFRALITORAL DE PALAMÓS
21a edició
Josep Saurina del Hoyo
- 2021-2022** L'ASSOCIACIÓ DE MÚSICA
DE PALAMÓS (1924 -1930)
22a edició Una entitat cultural del noucentisme
Xènia Costa Cesari
- 2021-2022** DE SAL I SORRA
22a edició Estudi de l'impacte de la gestió ambiental
sobre l'ecosistema de la platja de Castell, Palamós
Hug Fortià Bonvehí
- 2022-2023** L'AIGUA POTABLE
A PALAMÓS
23a edició
Janna Puig Pujadas

Premi de Recerca
Vila de Palamós
2023 - 2024

Marcel Mata Martínez

PINTURES ANTIINCRUSTANTS I COURE AL LITORAL DE PALAMÓS

18