





# ESTIMAR LA MAR

Coordinat per Javier Álvarez i Josep Maria Gili

**E**LS OCEANS ESTAN DEIXANT DE SER ELS ECOSISTEMES MÉS DESCONEGUTS DEL NOSTRE PLANETA. EN LES DARRERES DÈCADES ELS NOUS AVENÇOS TECNOLÒGICS ENS HAN ACOSTAT ALS INDRETS MÉS LLUNYANS I INSÒLITS DEL MÓN SUBMARÍ. TOT I AIXÒ, LA DESCONEIXENÇA DE LA MAR ENCARA PERDURA. HEM ESTAT MOLTS SEGLES PENSANT EN LA MAR SIMPLEMENT COM UN LLOC INESGOTABLE PERÒ PLE DE PERILLS, QUE S'HAVIA D'APROFITAR AL MÀXIM. AQUESTA ACTITUD ENS HA PORTAT A EXPLOTAR INDISCRIMINADAMENT ELS SEUS RECURSOS, FINS I TOT A EXHAURIR-NE ALGUNS I A TRANSFORMAR LLOCS IDÍLLICS EN LES NOSTRES DEIXALLERIES ON ABOCAR DE MANERA INDISCRIMINADA RESIDUS I FEM. AQUESTA IRRESPONSABLE COMODITAT TAL VOLTA TENIA EL SEU ORIGEN EN EL DESCONEIXEMENT CIENTÍFIC DE LA MAR I ARA ENS FORÇA A RECONSIDERAR DE MANERA DRÀSTICA EL NOSTRE ESTIL DE VIDA.

AFORTUNADAMENT, AVUI DISPOSEM D'UNA TECNOLOGIA QUE ENS PERMET OBTENIR IMATGES ESTÀTIQUES I DINÀMIQUES DEL QUE HI HA A TOTS ELS MARS DEL MÓN I TRANSMETRE-LES QUASI EN DIRECTE A TOTHOM. EINES I APARELLS D'ALTA SOFISTICACIÓ, EN ALGUNS CASOS COMPARABLES A LES NAUS QUE ARRIBEN A L'ESPAI, QUE BAIXEN A CENTENARS I MILERS DE METRES DE FONDÀRIA; APARELLS QUE ENS PERMETEN LA INSTROSPECCIÓ DE L'ESTAT PASSAT I FUTUR DELS OCEANS, GRÀCIES A MODELS MATEMÀTICS MANEJATS PER SUPERORDINADORS.

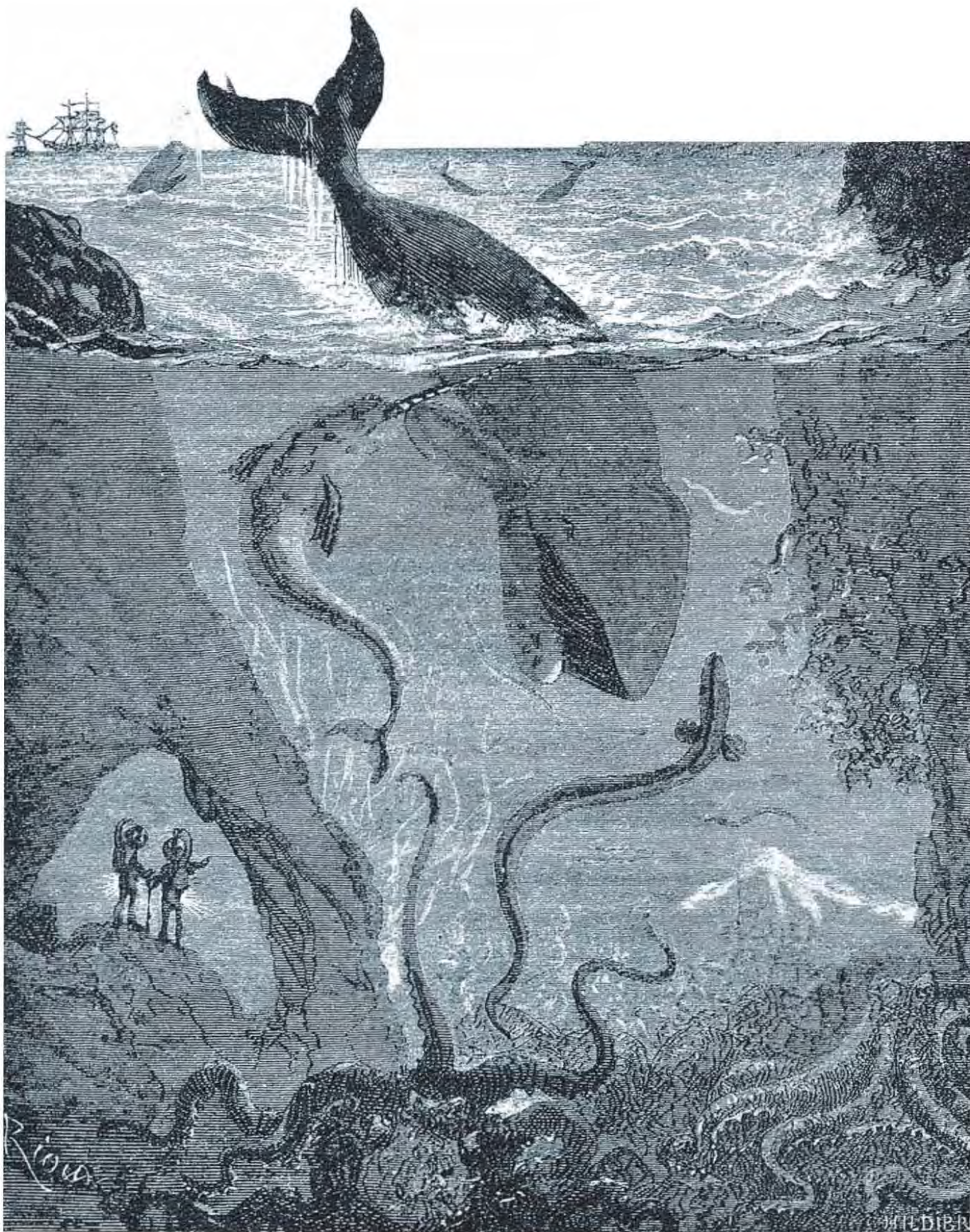
TOTA AQUESTA BATERIA D'EINES ENS DÓNA L'OPORTUNITAT DE LLUITAR DE DEBÒ CONTRA EL DESCONEIXEMENT, PERÒ EN AQUESTA TASCA LA DIVULGACIÓ CIENTÍFICA TAMBÉ TÉ UN PAPER CAPITAL: UTILITZAR LES NOVES TECNOLOGIES DE COMUNICACIÓ PER FER ARRIBAR EL CONEIXEMENT DEL MAR I OCEANS ÉS TOT UN REPTE QUE OBRE EL NOU SEGLE PER A LA FORMACIÓ I CONSCIENCIACIÓ DE LA SOCIETAT.

EN AQUEST MONOGRÀFIC DE MÈTODE HEM BUSCAT APROXIMAR-NOS A LA VIDA DE LES NOSTRES MARS I PRESENTAR ALS LECTORS ELS ÚLTIMS AVENÇOS EN EL CONEIXEMENT DEL MÓN SUBMARÍ. ELS DISTINTS ARTICLES TRACTEN DIVERSES PERSPECTIVES COM ARA LES AMENACES QUE PESEN SOBRE LES RESERVES I FONS MARINS, LES NOVES TÈCNiques D'ESTUDI DE LA MAR I EL PAPER DEL CINEMA EN LA DIVULGACIÓ DE L'UNIVERS SUBMARÍ. TOTS ELLS COINCIDEIXEN EN LA NECESSITAT DE PROTEGIR ELS ECOSISTEMES MARINS I PROJECTEN UN MISSATGE D'ALERTA DAVANT LA PÈRDUA IRREPARABLE D'UNA PART IMPORTANT DEL NOSTRE CERCLE BIOLÒGIC.

Javier Álvarez. Divulgador científic, València.

Josep Maria Gili. Dep. Biologia Marina de l'Institut de Ciències del Mar (CSIC), Barcelona.





En el seu popular llibre, *Vint mil llegües de viatge submarí*, Verne plasma el sentiment més estès que inspira el mar: l'exaltació de la llibertat. En paraules del jo literari de Verne, el turmentat capità Nemo: "El mar és tot... El seu alè és pur i sa. És l'immens desert en què l'home no està mai sol, perquè sent agitar-se la vida al seu costat.



# MEDITAR LA MAR

## LA PERCEPCIÓ DE LA MAR AL LLARG DEL TEMPS

Javier Álvarez

*PONDERING ON THE SEA, OUR PERCEPTION OF THE SEA OVER TIME.* “HOMME LIBRE, TOUJOURS TU CHÉRIRAS LA MER.” THIS QUOTE FROM BAUDELAIRE IS PERHAPS THE MAXIM THAT BEST DEFINES THE CLOSE RELATIONSHIP LINKING HUMANKIND TO THE SEA THROUGHOUT HISTORY. FROM PERSPECTIVES AS DIVERSE AS PHILOSOPHY, ARTISTIC AND LITERARY CREATION, TECHNOLOGICAL INVENTION OR SCIENTIFIC DEVELOPMENT, THIS LIQUID MEDIUM HAS INVITED MANKIND TO THINK, ALLOWING OURSELVES TO BE SEDUCED BY THE IRRESISTIBLE ATTRACTION OF THE INFINITE HORIZON, PERPETUAL STIMULATION OF OUR IMAGINATION.

Considerar Grècia com a bressol de la cultura occidental és tot un tòpic, però del que no hi ha dubte és que el mar va trobar en la civilització micènica un dels seus més fervents i primerencs devots. La mitologia grega destaca per la gran significació que atribueix al medi marí, que exalta la figura de déus i titans. No en va, el tità Oceà representava les masses d'aigua salada, encara que posteriorment va quedar relegat per Posidó quan aquest, regurgitat de l'estómac de son pare (el també tità Cronos), pren possessió com a déu del Mediterrani.

La gran dependència del medi marí d'una cultura que naix i viu del mar, allotjada entre tres mars, Adriàtic, Mediterrani i Egeu, fa a aquest referent constant no sols religiós, sinó també literari i artístic. Homer confereix a Posidó un paper d'excepció en l'*Odissea*, com a desencadenant dels esdeveniments que marquen les desventures d'Ulisses. Per a Homer el mar és el *teatre d'operacions* de l'*Odissea*, l'escenari canviant i a un temps etern que serveix, gràcies a la seua immensitat i a la infinitat de fascinants criatures que acull, de matèria primera a la seua imaginació.

I és que el mar no sols atrau per la seua naturalesa líquida i il·limitada, sinó també per aquella altra que bull al seu interior. Iguals en transcendència al *contingut*, els éssers marins que constitueixen el *contingut*

han estat sotmesos a estudi, revisió i sobretot elucubració per part de nombrosos entusiastes. El primer, i un dels més il·lustres, va ser Aristòtil, de qui es parla en termes de pare de la zoologia pel seu prolífic treball en la descripció dels éssers vius, amb especial atenció a l'àmbit marí (entre les més de 500 espècies que descriu, parla de coralls, eriçons de mar, mol·luscos, peixos i mamífers com ara dofins i balenes). De les tres col·leccions principals sobre animals que llega: *Història dels animals*, *Parts dels animals*, i *Generació dels animals*,

destaca la seua precisió en qüestions com l'anatomia o l'embriologia, i una incipient preocupació per la recerca d'un sistema de classificació capaç d'ordenar el món biològic per la seua complexitat, semblances i diferències. Fins i tot l'atribució a la generació espontània de la responsabilitat del naixement de les anguilles (*Històries dels animals*, llibre VI) parla en el seu favor, ja que, a pesar d'haver

identificat l'angula com la fase juvenil d'aquest peix, el filòsof va viure a milers de quilòmetres dels llocs habituals on es reproduïx.

Però per a Aristòtil les qüestions oceanogràfiques també són rellevants, ja que es planteja, entre altres preguntes, el perquè d'un mar salat. No va poder, però, trobar una altra resposta que l'existència de gegantines muntanyes de sal sota les aigües del Mediterrani.

«SI BÉ A PLINI SE'L  
CONSIDERA UN ARISTOTÈLIC  
COM A PRECURSOR DE LA  
ZOOLOGIA, I PER EXTENSIÓ  
DE LA CIÈNCIA, TAMBÉ HO  
ÉS DEL SEU VESSANT  
MÉS DIONISIÀC,  
LA CIÈNCIA-FICCIO»





A aquestes reflexions naturalistes tan primerenques van seguir-ne moltes més, que van anar abonant un terreny sobre el qual Plini el Vell (23-79 dC) conrea la seua *Història natural*. Aquest llibre recopilatori del coneixement de nombrosos autors grecs i romans (326 i 196 respectivament) paga el seu deute amb el mestre grec aportant una proposta per a la classificació dels animals, empresa perseguida per Aristòtil al seu dia, que també posa l'accent en les criatures habitants dels mars. Però si bé a Plini se'l considera un aristotèlic com a precursor de la zoologia, i per extensió de la ciència, també ho és del seu vessant més dionisiac, la ciència-ficció. La inclusió d'éssers fantàstics entre les descripcions de Plini és un tret ben habitual que, com que en gran manera s'acompanya del rigor i exhaustivitat aplicats en el conjunt de la seua obra, dota de caràcter de realitat un bon nombre de monstres. Realitat i irrealitat que, a pesar del caràcter tan sorprenent de les informacions, no deixen de succeir-se amb la mateixa credibilitat quan parlem del mar i els seus éssers, depenent de l'època que ens toca viure. Val la pena, en aquest sentit, citar el mateix Plini quan parla sobre un fet reportat per L. Lucullus, procònsol de la Bètica, sobre els polps: "En els viviers de Carteia hi havia un polp que acostumava a eixir de la mar i acostar-se als viviers oberts, arrasant les saladures [...] Va fer fugir els gossos amb el seu alè terrible, assotant-los

unes vegades amb els extrems dels tentacles o colpejant-los amb els fortíssims braços, utilitzats a manera de claves. Amb treball se'l va poder matar a força de tridents." No cal dir que avui dia un exemplar de polp com aquest continuaria sorprenent-nos, més per la seua actitud que no per la grandària, coneixedors com som de l'existència del polp gegant del Pacífic, que arriba a fer nou metres de longitud i a pesar 270 quilos. Qui, d'altra banda, va creure l'anècdota del polp que abandonava el seu aquari cada nit per a realitzar excursions culinàries als aquaris pròxims, la primera vegada que va ser explicada? No obstant això, avui és una pràctica freqüent entre el gremi dels aquaristes col·locar gespa artificial a les parets dels tancs que contenen aquests animals, a fi d'evitar que s'hi puguen enfilar.

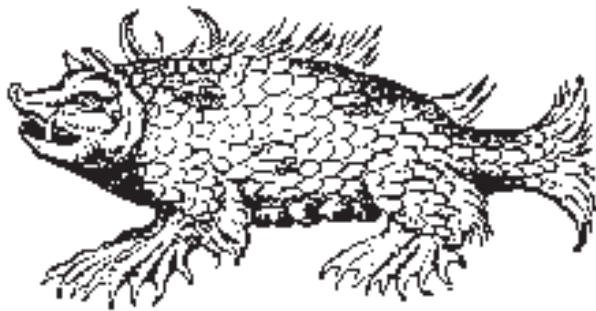
Un altre il·lustre romà, Claudio Eliano (175-235 dC), fins i tot des de l'autoatribuïda perspectiva de la recerca del coneixement, fomenta els camins de l'anecdota increïble i absurd i és mereixedor del següent comentari de Borges en parlar de la seua obra

*Història dels animals*: "A pesar del títol que es donaria a aquest llibre, *De natura animalium*, ningú menys afí a un zoòleg, en el sentit actual de la paraula, que el seu autor, Claudio Eliano." Però Eliano, a pesar de la seua obsessió pel referent grec com l'únic dotat de rigor, anteposa el sacrifici de la rigidesa científica a una possible pèrdua de frescor

«AL LLARG DE L'EDAT  
MITJANA, LA SUPERSTICIÓ  
ALENTEIX L'AVANÇ  
DE LA CIÈNCIA, I EL MAR  
ACCENTUA EL SEU PAPER  
COM A CAU DE MONSTRES  
I MERAVELLES»

Retrat d'un tritó i d'una sirena, vistos al Nil.

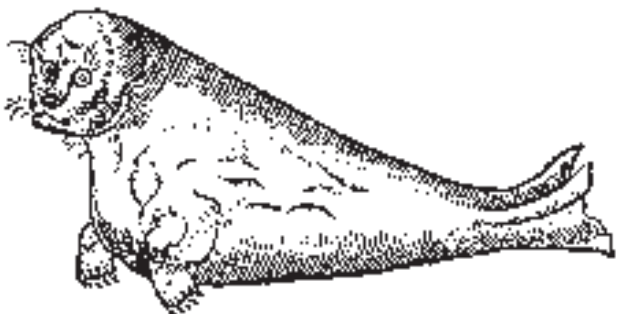




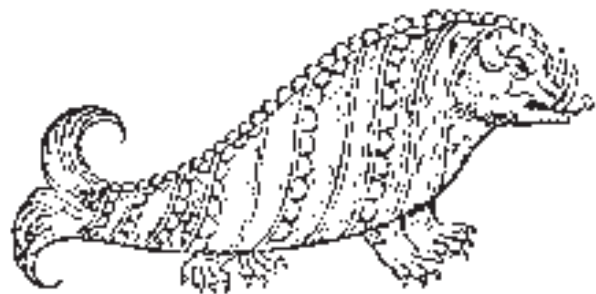
Truja marina.



Monstre marí amb cap d'ós i braços de simi.



Vedella marina.



Senglar marí.



Figura horrible d'un dimoni de mar.

i atractiu en la seua obra que, a pesar de ser tan esperpèntica, va ser difosa (i dotada de veracitat) per les classes intel·lectuals i no pel poble pla. N'hi ha moltes, d'anècdotes, més que no descripcions, que afecten la fauna marina, sobre la qual no sols es comenta sinó que també es jutja: "La foca, segons tinc entès, vomita la seua pròpia llet quallada perquè els epilèptics no puguen curar-se amb ella. A fe que la foca és una criatura maligna." En aquest sentit, no deixen de ser xocants les aspiracions personals que Claudio Eliano manifesta en la seua pròpia obra: "Sí que ho intente per tots els mitjans i vull pertànyer al gremi al qual il·lustrats poetes, i homes perits a veure i examinar els secrets de la naturalesa, i escriptors que van arribar a adquirir l'experiència més gran, aspiren a pertànyer."

Així, és aquesta una aportació elaborada partint de la literatura més que no des de la ciència, però que val la pena referir com a part de les reflexions que del medi marí, a través de les seues criatures, ens han arribat de l'antiguitat.

#### ■ UN MAR DE MONSTRES

Al llarg de l'edat mitjana, la superstició alenteix l'avanç de la ciència, i el mar accentua el seu paper com a cau de monstres i meravelles representat, sota la creença d'una Terra plana, com una colossal cascada esguitada de criatures malignes a manera de final inacabat. En finalitzar aquest període, la mar es torna *oceana*, tal com s'hi referien els grans descobridors dels segles XV i XVI. Aquesta *mar oceana* obre els seus horitzons gràcies al tràfic marítim generat amb el descobriment del Nou Món i tot el seu preàmbul d'intents, però els nous coneixements adquirits no el fan perdre immediatament el seu sentit esotèric.

El renaixement redescobreix el mar des de diversos punts de vista. Tecnològicament promou el desenvolupament de l'enginyeria naval moderna i la difusió de la navegació d'estima, que allibera els marins de la perillosa dependència de la proximitat de la costa en la navegació per cabotatge. També el terreny de les arts evidencia un especial interès i en són bona mostra les expresses recomanacions que Leonardo Da Vinci (1452-1519) fa en el *seu Tractat de pintura*, per al tractament pictòric del mar com a model: "El mar inquiet i tempestuós es farà ple de bromeres entre les onades elevades, i per damunt es veurà com una boira de les partícules escumoses que arrabassa l'aire. Quant a les naus, n'hi haurà algunes amb les veles esquinçades, menejant-se els trossos. D'altres, trencats els pals, i d'altres obertes enterament al furor de les onades, amb les xarxes trencades, i els mariners







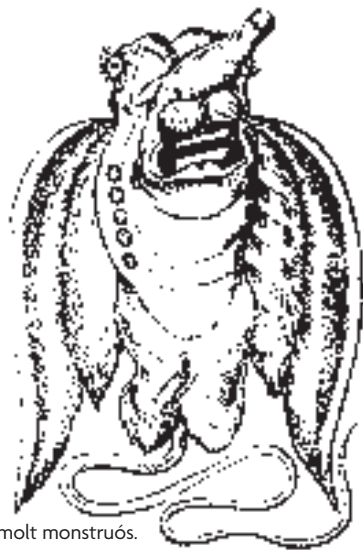
Elefant marí.



Monstre marí amb cap de frare, armat i cobert d'escates de peix.



Imatge d'un monstre marí semblant a un bisbe revestit dels seus hàbits pontificals.



Peix volador molt monstuós.



Cavall marí.

abraçats a algunes posts i com si cridaren". Llegint aquests apunts no hi ha dubte que entre tots els aspectes d'interès que el mar ha despertat, els més dramàtics, cruentos o sensacionalistes han trobat sempre un lloc d'excepció entre els homes.

També la ciència es preocupa pel mar. En dona fe l'extensa sort d'autors que guarneixen el segle XVI amb algunes de les més curioses i prolífiques galeries d'il·lustracions sobre *suposades* criatures marines. Guillaume Rondelet (1507-1566), Pierre Belon (1517-1564), Conrad Gessner (1516-1565) i Ambroise Paré (1510-1590), entre altres, publiquen diverses obres en què parlen d'animals reals i imaginaris, als quals presten atenció per igual, a pesar de reconèixer els propis dubtes sobre la seua existència. Aquest últim autor, Paré, en la seua obra *Des Monstres et Prodiges*, titula el capítol XXXIV 'Tractarem ara dels monstres marins', i tot seguit exposa sense pudor algunes làmines de les més diverses abominacions, documentades amb els testimonis que acrediten la seua aparició arreu. Aquesta galeria de monstres marins inclou aportacions d'altres autors de major o menor rigor, entre els quals es troben els anteriorment citats (dels quals destaca Rodelet, qui sens dubte va posar més ciència en el seu *Llibre dels peixos*).

Per a Paré, l'existència dels monstres marins no és producte d'un excés o defecte en la quantitat de semen durant la còpula, o de la pràctica de relacions sexuals entre homes i bèsties, causes que cita com a responsables d'algunes aberracions per ell documentades en terra. Són degudes simplement "al desig de la Naturalesa de recrear-se en les seues obres". Però aquest autodidacta naturalista, que va ascendir de barber a cirurgià real al servei de la cort de Navarra, tan sols mostra amb la seua obra el sentiment d'una època, una visió meravellada i divina de la naturalesa amb una forta influència moral, atribuïble a la presència d'un ésser superior que pretén adocrinar mitjançant l'acte de la creació el comportament exemplar de l'ésser humà.

## ■ PASSIÓ PEL MAR

La fi de l'edat moderna amb l'arribada de la Revolució Francesa el 1789 s'esdevé en ple període romàntic. El lliurament a la imaginació, la llibertat de pensament i d'expressió i la idealització de la naturalesa pròpies de les expressions artístiques d'aquest moviment troben en el mar un motiu ideal d'inspiració. Mai abans el mar havia cobrat tanta vida en l'univers pla de les lletres, la pintura o fins i tot la música.

Són molts els autors romàntics que submergeixen entre les aigües les seues més preades creacions. En



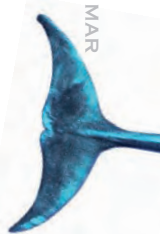
Combat imaginari entre un peix espasa i una balena, extret del llibre *Le fond de la mer* de L. Sonrel, de la col·lecció "Bibliothèque des merveilles", de 1880.

les arts plàstiques, John Mallord William Turner (1775-1851) medita, amb les seues evanescents aquarel·les marines, sobre el diàleg entre mar i aire. Meditació que el porta a realitzar a Venècia, lloc on els mitjans marí i terrestre es fonen, les seues més preades creacions. Carregades de sentiment romàntic, les evocadores escenes de Turner no passen desapercubudes per a Herman Melville, qui el 1851 publica *Moby Dick*. La considerada per molts com l'obra mestra de la prosa romàntica és sens dubte la novel·la sobre el mar per excel·lència. Més enllà de la simple descripció de la vida balenera, l'autor tria aquest escenari per tractar un tema etern, la lluita entre el bé i el mal, actituds aquestes molt humanes de les quals el mar ha estat fidel testimoni en in comptables ocasions.

El mar continua causant estralls entre els impressionables romàntics. En la correspondència enviada a un amic, el compositor francès Claude Debussy confessa haver hagut d'escriure una de les seues més importants obres, *La Mer*, des de París, ja que "la mera visió de

**«MENTRE EL "NAUTILUS"  
ES FORJA A LES DRASSANES  
INTEL·LECTUALS DE VERNE,  
EL 1872 TÉ LLOC UNA  
DE LES MÉS IMPORTANTS  
EXPEDICIONS CIENTÍFIQUES  
MAI REALITZADES»**

l'oceà el fascinava en tal grau que bloquejava completament la seua creativitat". Després de la incòmoda fatalitat romàntica, però amb tota la seua vitalitat, un altre dels autors d'aquesta època intensament lligat al mar va ser el magistral Jules Verne. En el seu popular llibre, *Vint mil llegües de viatge submarí*, Verne plasma el sentiment més estès dels molts que inspira aquell medi originari que és el mar. L'exaltació de la llibertat que suposa el perpetu navegar, abandonar la terra per sempre, i amb ella les lleis dels homes. Les mateixes que oprimeixen l'individu, el feble, el marginat. Perquè la marginació, triada de manera voluntària i en forma de nau iniciàtica (el *Nautilus*) que ens transporta a un món fins al moment desconegut, es torna llibertat. En paraules del jo literari de Verne, el turmentat capità Nemo: "El mar és tot... El seu alè és pur i sa. És l'immens desert en què l'home no està mai sol, perquè sent agitar-se la vida al seu costat. El mar és el vehicle d'una sobrenatural i prodigiosa existència; és moviment i amor, és l'infinit viu..."





## ■ 'MOBILIS IN MOBILE'

Encara que Verne ha estat valorat com l'autor precursor de la ciència-ficció per damunt de la seua qualitat literària, el seu interès i coneixements científics el situen en la sinuosa frontera que relaciona aquest gènere i la divulgació científica. Més concretament, l'excel·lent tractament dels temes marins present en les seues obres és revelador d'un creixent interès de la societat en general, i la comunitat científica en particular, per aquest medi.

Mentre el Nautilus es forja a les drassanes intel·lectuals de Verne, el 1872 té lloc una de les més importants expedicions científiques mai realitzades. El vaixell de sa majestat britànica *H. M. S. Challenger*, carregat de científics, realitza un periple de quatre anys circumnavegant el planeta. La finalitat d'aquest viatge (exclusivament científic) consisteix en l'estudi de la circulació profunda i la distribució de la vida en els diferents mars i oceans. L'oceanografia moderna ha començat, i amb ella la ciència competeix

«EN EL SEGLE XX, JA NO ENS  
ACONTENEM A MEDITAR SOBRE EL MAR  
EN TERMES LITERARIS, ARTÍSTICS  
O CIENTÍFICS, SINÓ QUE HEM DE FER UN  
PAS MÉS ENLLÀ, HEM DE REPRODUIR-LO»

amb les arts per un dels seus motius creatius més recurrents.

Curiosament, dos anys més tard, mentre al mar el *Challenger* prossegueix el seu periple, Jules Janssen registra fotogràficament les fases de Venus en passar enfront del Sol. Aquestes experiències, juntament amb les posteriors de Marey fotografiant el vol dels ocells, anticipen l'arribada del cinema, preludi del canvi de segle i de l'íntima relació que s'establirà entre la ciència i la imatge animada, en el naixement de la qual la primera va constituir objecte d'inspiració de la segona.

La ciència posseeix ja un nou instrument de comunicació i un redescobert motiu d'interès; no passaran molts anys fins que sorgesca la temptació de transportar aquesta mirada animada acabada d'inventar més enllà de la fràgil superfície de les aigües. Contemplades des de la nova perspectiva que planteja el desenvolupament tecnològic, les representacions marines es plastifiquen en el cel-luloide. Milers d'instant d'im-



© Javier Yaya/CACSA



© Javier Álvarez



© Javier Álvarez

L'Oceanogràfic de València, el que va ser el major aquari d'Europa al seu dia, i un dels majors del món, conté quaranta milions de litres d'aigua enllaunada, que inunden decorats de polièster, ciment, poliuretà i fusta. I és que, en realitat, no importa que allò que observem, allò que es representa no compartesca la naturalesa de l'objecte o ésser representat. Gairebé és la grandària l'únic que importa, perquè l'evocadora mirada de l'espectacle submarí, fins i tot en forma de clon imperfecte, pot portar amb si la totalitat del seu esperit.

© Javier Yaya/CACSA







possible quietud per a atrapar i mostrar l'element mòbil per excel·lència. La màxima del capità Nemo, “*Mobilis in mobile*”, retroba el seu significat.

Amb l'arribada de l'era tecnològica, se sofisticuen els llenguatges amb què representem el món, oceans i mars inclosos. Probablement, açò porta implícit que l'íntim diàleg amb el medi marí que ha guiat sempre l'autor en la seua representació es troba diluït, ja que avui dia la cultura és indústria i les obres, processos industrials. I en el cas del mar, això no és una excepció.

#### ■ 'MARS DE PLÀSTIC'

En el segle xx, ja no ens acontentem a meditar sobre el mar en termes literaris, artístics o científics, sinó que hem de fer un pas més enllà, hem de reproduir-lo. El que va començar com un passatemps en l'època victoriana s'ha convertit en una florent indústria que implica el comerç de milers d'espècies marines i el seu trànsit per tot el planeta. Però la màxima expressió d'un aquari com a finestra oberta al món subaquàtic no la trobem a l'interior de les llars, sinó en forma d'obra magna com un mar miniaturitzat, contingut entre murs de formigó i alimentat per un cor artificial.

La construcció de l'Oceanogràfic a València, en el canvi de mil·lenni, va suposar un pas més enllà en la cursa que obliga l'home a competir amb si mateix, per aconseguir desvincular-se per fi d'aquesta naturalesa de què forma part i de la qual, per tant, renega. El que va ser el major aquari d'Europa al seu dia, i un dels majors del món, conté quaranta milions de litres d'aigua enllaunada, que inunden decorats de polièster, ciment, poliuretà i fusta. I és que, en realitat, no importa que allò que observem, allò que es representa no compartesca la naturalesa de l'objecte o ésser representat. Gairebé és la grandària l'únic que importa, perquè l'evocadora mirada de l'espectacle submarí, fins i tot en forma de clon imperfecte, pot portar amb si la totalitat del seu esperit.

Com algunes cultures sàviament presumeixen, qualsevol representació arrossega amb ella part de l'ànima del model. Probablement l'home lliure de Baudelaire sempre s'estimarà el mar per això mateix, perquè amb la simple imatge del medi originari recreada en la seua memòria, representada en la seua memòria, arrossegarà un alè de llibertat. ☺

Javier Álvarez. Divulgador científic, València.





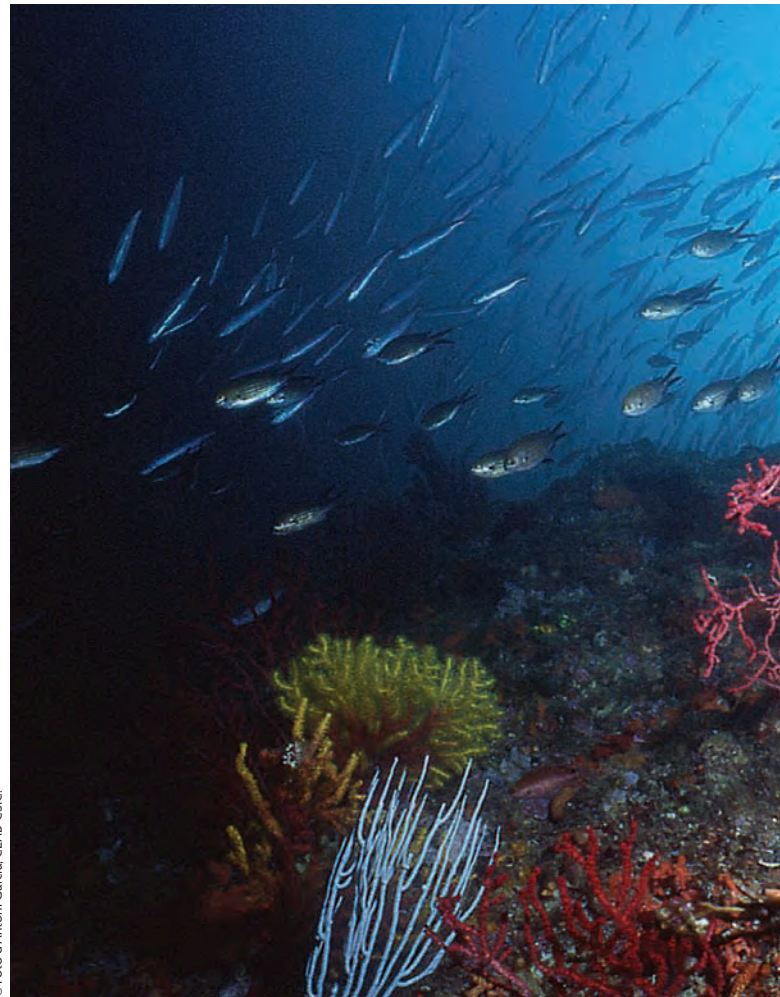
# ELS BOSCOS MARINS DE FONDÀRIA

Josep Maria Gili i Álvaro Peña Cantero

**MARINE FORESTS OF THE DEEP. BELOW THE ACTIVE REGION OF PRIMARY PRODUCERS TO A DEPTH OF 11 KM THE OCEANS ARE FULL OF LIFE. MARINE FORESTS ARE TO BE FOUND THERE, COMPOSED OF THE GREATEST DIVERSITY OF SPECIES AND ANIMAL ORGANISMS. THEY FEED OFF THE MANY PARTICLES COMING FROM THE UPPER LAYERS AND GIVE PROTECTION TO THE YOUNG AND PROVIDE THEM WITH FOOD. NOWADAYS, RIDDLED WITH DISEASE, THEY HAVE PRACTICALLY BEEN DESTROYED BY THE TRAWLING EQUIPMENT OF BOATS. THIS IS MOST TRAGIC, IF ONE BEARS IN MIND THAT THEY ARE AROUND 50 YEARS OLD WITH A LOW FERTILITY RATE, WHICH RARELY EXCEEDS 20 PER CENT.**

La vida als oceans s'estructura com una cadena tròfica on els productors primaris autotròfics, els que necessiten la llum per viure, es troben situats en les zones més superficials il·luminades. Allò que abans es coneixia com a vida vegetal ara se sap que és format per un ampli conjunt de microorganismes, de macroalgues i fanerògames, que tenen en comú els orgànuls de les seves cèl·lules, com ara els cloroplasts, que els permeten obtenir l'energia de la llum solar. Tota l'activitat biològica d'aquests organismes autotròfics es concentra, aproximadament, per sobre dels 100 metres de fondària al Mediterrani, on la irradiància (energia lumínica) és superior al 5% de la incident en superfície. Es tracta també de la capa superior de la columna d'aigua, on els vents i corrents que formen part de la màquina hidrodinàmica la barregen i transporten i afavoreixen que arribin els nutrients dissolts en l'aigua cap als organismes. El conjunt de mecanismes físics i químics d'aquesta zona superficial del mar fa que els organismes autotròfics creixin contínuament i ràpidament i que siguin la base de les cadenes tròfiques marines. D'aquests organismes en viuen els herbívors i, en un escalafó tròfic posterior, carnívors i altres éssers que viuen tant a la columna d'aigua com al fons marí.

Una part important dels organismes que es produeixen en les capes superficials cau cap a capes inferiors en forma de cadàvers, partícules orgàniques, restes fecals, etc. Aquest fenomen ha servit per a establir que la vida de les fondàries marines depèn d'allò que es genera en la superfície. D'aquesta manera es podria pensar que la vida disminueix en quantitat i varietat en fondària, fet que avui dia se sap que és ben



© Foto d'Antoni Garcia, CEAB-CSIC.

Bosc de gorgònies de l'espècie *Paramuricea clavata* a uns 35 m de fondària en la costa catalana.



bé al contrari. La vida als fons marins s'estén des de la superfície fins als 11 quilòmetres, que és la fondària màxima dels oceans. Com pot ser que per sota de la zona d'activitat dels productors primaris, on no hi ha quasi llum, els oceans estiguin plens de vida? Com pot existir una vida animal heterotròfica (que no necessita la llum per adquirir energia, que l'obté exclusivament de les preses o partícules que captura)? I quines característiques té? Una de les comunitats marines més extensament present en els oceans són les formes per animals sèssils que constitueixen una estructura tridimensional molt similar als boscos terrestres. Extenses praderies d'esponges, gorgònies, coralls, etcètera, són un fet habitual en la fondària, però tot just comencem

**«LA VIDA DE  
LES FONDÀRIES MARINES  
DEPEN D'ALLÒ QUE ES  
GENERA EN LA SUPERFÍCIE»**



a conèixer-los ara, ja que disposem de mitjans i tecnologies que ens permeten penetrar en els oceans de la mateixa manera que ho fèiem fa un parell de dècades en els esculls de corall, en les costes rocoses litorals o les àrees intermareals, etc.

Els microorganismes que viuen a la columna d'aigua, entre els quals es troba el fitoplàncton, juntament amb les restes de la descomposició dels organismes fotosintetitzadors del fons marí, com ara les algues, constitueixen el que anomenem sèston. El sèston és com una sopa de partícules i organismes vius. Aquesta sopa es genera fonamentalment en les capes superficials i va caient cap al fons del mar. Durant el camí de caiguda, microorganismes com els bacteris interaccionen amb els petits fragments d'algues, les cèl·lules de fitoplàncton, les restes fecals dels herbívors com ara el zooplàncton, etc., i es descomponen per donar lloc a la coneguda "neu marina", és a dir, els organismes vius, les partícules orgàniques i les substàncies que, com una mena de mucositat, van enganxant part de les partícules fins formar volves semblants a les de neu.

Les partícules no segueixen un patró uniforme en la caiguda, sinó que són transportades activament per corrents costaners, enfonsament de les masses d'aigua, arrossegades pels sediments dels rius, etc. Això fa que l'arribada del sèston al fons sigui en molts casos molt ràpida i constant. Mentre va caient, altres organismes del zooplàncton també baixen cap al fons per alimentar-se'n i al seu torn aquests organismes són perseguits per d'altres de més grans que se n'alimenten. En conjunt es pot dir que no solament cau una part important de la matèria orgànica nova formada a les capes superficials, sinó que també baixen cap a les fondàries marines una gran quantitat d'organismes vius i que arriben ben prop del fons.

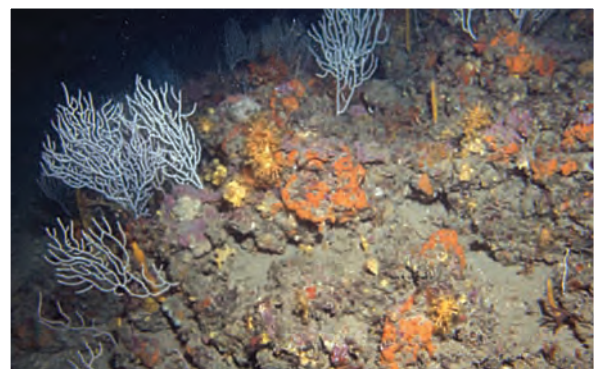
La gran abundància de sèston, especialment prop del fons, és una situació general en tots els oceans i ha donat lloc a un tipus d'estratègia tròfica basada en la captura passiva o activa de les partícules suspeses en l'aigua, els suspensívors. Esponges, cnidaris, briozous, ascidis, gran part dels moluscos bivalves i equinoderms, entre altres éssers, han desenvolupat aquesta estratègia que ha representat un dels èxits ecològics més destacats entre els organismes bentònics. Les claus d'aquest èxit són el baix cost energètic de la captura i adquisició d'aliment. Els individus i les colònies dels suspensívors tan sols han de situar-se



© Fotografies d'aquesta doble pàgina de Núria Teixidó, ICM-CSIC, i Julian Gurt, AWI, Bremerhaven.



Dues imatges de boscos dominats per la gorgònia blanca *Eunicella singularis* a 75 m de fondària al cap de Creus.



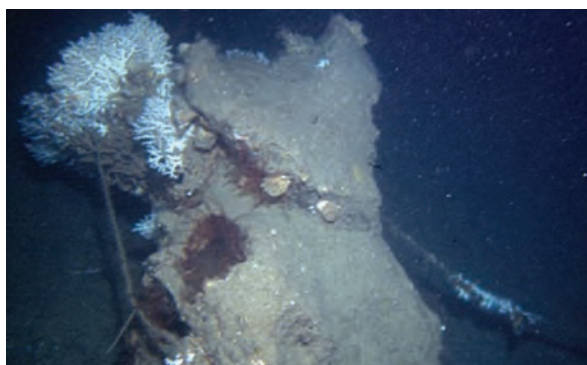
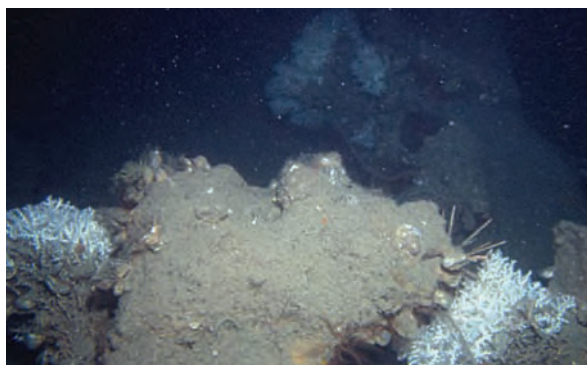
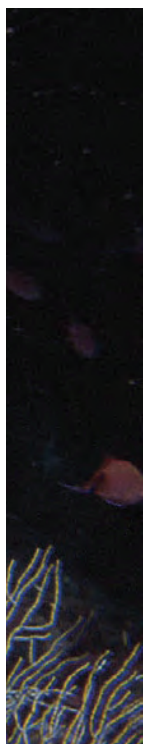
enfrent dels corrents que transporten les partícules. Els mecanismes de captura són molt variats, però es poden resumir en els passius, per simple contacte amb les partícules, i els actius, mitjançant sistemes de bombament i succió de l'aigua, que passa per una part del cos de l'animal mentre n'extrau les partícules que passen pel seu interior. En els que disposen de mecanismes actius, el cost energètic de fer funcionar el sistema de bombament se sap que no supera mai el 10% del balanç energètic (l'energia que és necessària per a viure i desenvolupar-se).

Les respostes, tant en el cas d'una colònia com d'un individu, són una part del conjunt d'estratègies dels animals sèssils per facilitar la captura eficient de partícules en suspensió. Una altra manera de fer-ho és agrupar-se en poblacions denses, de manera que unes colònies ajuden les altres a capturar preses. Ho fan gràcies a la seva capacitat per disminuir la velocitat del corrent que circula entre elles, de manera que les partícules també es mouen a menys velocitat i resulta més fàcil capturar-les. Els diferents organismes sèssils situats un al costat de l'altre actuen com un filtre comunitari, i per això els corrents que arrosseguen les masses d'aigua es buiden de partícules una vegada passen ben a prop de les comunitats bentòniques dominades per suspensívors. Aquestes comunitats són

formades majoritàriament per organismes de diferents alçades i formes. Hi trobem, per exemple, gorgònies, coralls o esponges, que són com els arbres d'un bosc. Entre aquests se situen altres organismes com ara alcionaris, briozous, ascidis, etc., més petits i baixos que recorden els arbusts del bosc. I per completar el paisatge global, podem trobar-hi organismes sèssils que creixen sobre els altres, com els epífits dels arbres; el zooplàncton, que viu prop del fons com els insectes al bosc; els peixos i crancs, que es mouen entre els organismes sèssils i es podrien assimilar als mamífers o els ocells als boscos terrestres.

Tenim així boscos formats per organismes animals sèssils que es desenvolupen per sota de la zona il·luminada dels oceans on les algues i fanerògames no poden créixer. Es formen en zones on els corrents de fons transporten gran quantitat de partícules que provenen de les capes superficials. Malgrat la qualitat i la quantitat de sèston que arriba i circula prop del fons, els boscos animals se situen en zones determinades, com





Dos aspectes d'una comunitat de coralls profunds a la Mediterrània dominats per l'espècie *Madrepora oculata* a 130 m de fondària al cap de Creus. La comunitat està quasi destruïda per l'efecte de les xarxes de pesca de ròssec, com es pot veure pels cables abandonats al voltant de les colònies.



Dues imatges de l'estat actual de la major part de la plataforma continental catalana on es pot veure l'efecte destructiu de la pesca de ròssec. En la imatge de sota es veu la marca d'una de les portes que obren les xarxes quan s'arrossegueu pel fons.

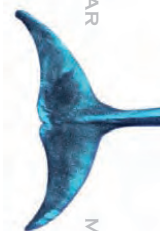
ara els fons de substrat dur tant en el litoral com al llarg de la plataforma continental i molt especialment al final d'aquesta, just a la part alta del talús. Un factor que limita la formació de boscos animals són les aportacions de sediments o de partícules inorgàniques. Aquestes partícules (sorra o fang) impedeixen als organismes sèssils capturar l'aliment o fins i tot trobar un substrat prou estable per poder assentar-s'hi i créixer. Aquesta relació negativa amb el sediment impedeix que trobem normalment aquests boscos en la zona mitjana i on s'acumula la sorra i el fang.

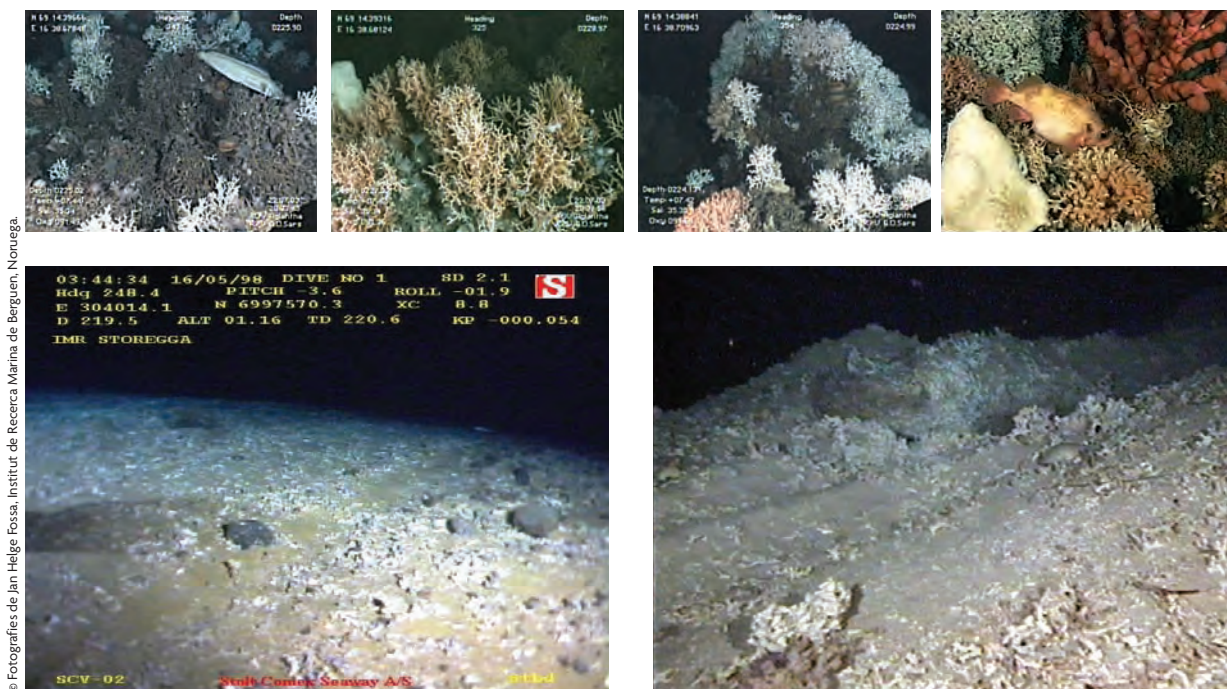
De boscos marins animals, n'hi ha de diferents en funció de l'espècie dominant. De la mateixa manera que parlem de boscos d'avets o d'alzines, per exemple, en el mar podem parlar de boscos de gorgònies, de coralls, d'esponges, etc., i sempre d'una espècie determinada. Un dels més con-

**«DE LA MATEIXA MANERA  
QUE PARLEM DE BOSCOS  
D'AVETS O D'ALZINES,  
PER EXEMPLE, EN EL MAR  
PODEM PARLAR DE BOSCOS  
DE GORGÒNIES, DE CORALLS,  
D'ESPONGES, ETC., I SEMPRE  
D'UNA ESPÈCIE DETERMINADA.»**

guts entre els que podem capbussar-nos, fins i tot, en les pel·lícules submarines del Mediterrani, són els boscos de la gorgònia vermella, *Paramuricea clavata*.

Aquesta espècie és una de les característiques de la ben coneguda comunitat bentònica mediterrània que s'anomena coral·ligen, però n'hi ha moltes més de dominades també per gorgònies, com les del gènere *Eunicella*, o de coralls, com el corall vermell o, fins i tot, de coralls blancs de més fondària com són la *Madrepora oculata* o *Lophelia pertusa*. Són les comunitats de boscos de coralls o boscos de fondària les que desperten més l'interès recentment tant entre els científics com en la societat en general. El gran interès per aquestes comunitats va començar fa una dècada, quan per primera vegada equips d'investigadors noruecs i alemanys en l'Atlàntic Nord i nord-americans al Pacífic





Dalt, quatre imatges dels boscos de *Lophelia pertusa* en el límit de la plataforma continental del mar de Noruega, a uns 225 m de fondària, on es poden veure acumulacions de colònies de més d'1,5 metres d'alçada i amb molta fauna associada que hi busca refugi i aliment. En les dues imatges de sota, una part d'aquests boscos de coralls blancs després de rebre l'impacte de les xarxes de ròsec.

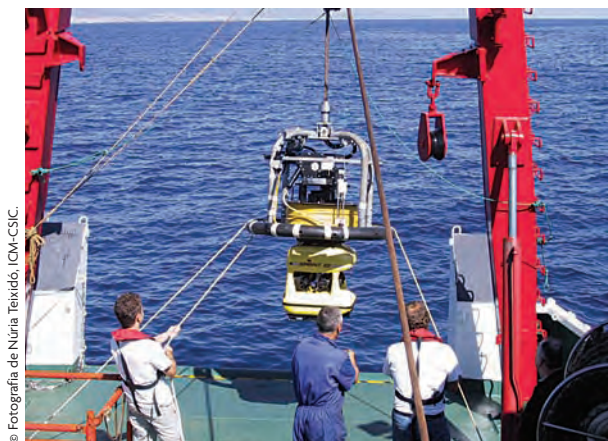
Nord van poder demostrar que bastants d'aquests boscos de coralls estaven pràcticament destruïts per l'efecte dels ormeigs que fan servir els vaixells de pesca d'arrossegament. Paral·lelament a la destrucció avui dia evident dels bancs de coralls situats al talús al final de les plataformes continentals, s'ha pogut comprovar que també els boscos animals que poblen quasi totes les muntanyes i bancs submarins de tots els oceans han rebut l'impacte destructiu de la pesca de ròsec. El fet que la majoria dels bancs de coralls profunds se situïn fora de l'àrea de jurisdicció dels països costaners, a mar oberta, ha facilitat que els vaixells actuessin amb total impunitat i descontrol. En l'actualitat l'Assemblea General de les Nacions Unides treballa en la confecció per via d'urgència d'una legislació internacional per regular la pesca i aturar la destrucció d'aquests bancs en tots els mars i oceans.

La pregunta de per què són tan importants aquests boscos de corall potser es contesta per si mateixa. Són llocs d'elevada diversitat que en alguns dels pocs boscos o comunitats estudiades és comparable a la que es troba als esculls tropicals. Es tracta de concentracions d'organismes sèssils associats a la presència i dinàmica regular de corrents de fons que van carregats de partícules i organismes. En molts casos dominen on hi ha corrents d'aflorament tant a la part alta de les parets de les muntanyes marines com del talús continental.

Com que molts d'aquests corrents de fondària i d'aigües fredes transporten cap a la superfície els nutrients orgànics i inorgànics que han anat caient en les planes oceàniques, s'han anomenat també boscos de coralls freds. Els coralls tenen una funció estructural, com la dels arbres als boscos terrestres: aturen o redueixen la velocitat del corrent (del vent en terra) gràcies a les denses poblacions i comunitats que formen i que els pescadors a vegades en diuen arbres petrificats. Molts d'aquests boscos són encara desconeguts i si ens basem en els estudis fets, per exemple, en els boscos de les muntanyes marines del mar de Tasmània o de Nova Caledònia, el nivell d'endemismes i d'espècies encara per descriure per la ciència és impressionant.

Els boscos de coralls i d'altres organismes sèssils tenen un paper molt rellevant en els ecosistemes marins. Alguns aspectes són ja prou coneguts, però encara n'hi ha que just es comencen a conèixer. Entre els més coneguts hi ha el paper com a sistema de protecció dels juvenils, fases larvàries, i fins i tot adults de moltes espècies migrants o nadadores. Aquest efecte, conegut com a "llar d'infants" (*nursery* en anglès), és vital per a la supervivència de moltes espècies, entre les quals se'n troben de gran interès comercial com el bacallà. Els peixos teleostis es reproduïxen per ous que deixen al mar. I aquestes larves no tornaran a l'hàbitat dels adults fins que no superin l'estat de



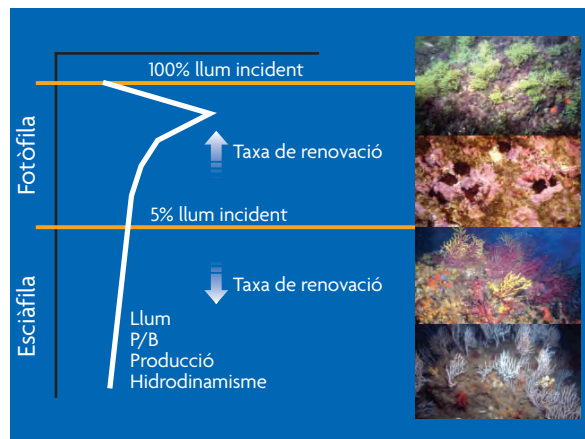


© Fotografia de Núria Teixidó, ICM-CSIC.

Operació a bord del vaixell oceanogràfic Garcia del Cid per posar a l'aigua un vehicle submarí equipat amb càmeres de vídeo i fotogràfiques per estudiar les comunitats de fons del mar. La utilització de noves i sofisticades tecnologies ha representat un gran avenç en l'estudi del mar en els darrers vint anys.

juvenils. Durant aquesta fase larvària i juvenil són molt susceptibles a ser depredats per altres peixos, la majoria adults de la pròpia espècie. L'alternativa que els ofereixen els oceans són zones on puguin amagar-se i protegir-se. Una d'aquestes zones, tant per les dimensions –en alguns llocs es coneix que els boscos de coralls fan desenes de quilòmetres–, com per l'abundor –es coneixen més de 10.000 muntanyes marines a més del talús de tots els continents–, són els boscos d'animals sèssils. Una altra funció important dels boscos de coralls és que proporcionen aliment a aquests organismes petits. Aquest aspecte és un dels menys coneguts i forma part d'alguns projectes de recerca internacional endegats amb el suport de la Unió Europea i de la Fundació Nacional per a la Recerca dels EUA. Els boscos o esculls de coralls i altres organismes sèssils formen estructures tridimensionals que afavoreixen la retenció de les partícules que porten els corrents. A més, els mateixos organismes de bosc animal s'alimenten d'aquestes partícules o sèston i durant la seva activitat metabòlica alliberen al medi substàncies d'excreció. Aquestes substàncies d'excreció són els nutrients orgànics essencials per a l'activació i funcionament de la cadena tròfica microbiana. Així, per una banda, els organis-

**«PARAL·LELAMENT  
A LA DESTRUCCIÓ AVUI DIA  
EVIDENT DELS BANCS  
DE CORALL SITUATS AL TALÚS  
AL FINAL DE LES PLATAFORMES  
CONTINENTALS, S'HA POGUT  
COMPROVAR QUE TAMBÉ  
ELS BOSCOS ANIMALS HAN REBUT  
L'IMPACTE DESTRUCTIU  
DE LA PESCA DE RÒSSEC»**



Esquema dels canvis de les comunitats bentòniques al Mediterrani en funció de la fondària, la llum i l'hidrodinamisme (velocitat i intensitat dels corrents). Les comunitats superficials canvien o es renoven molt més ràpidament que les de fondària a causa de la dominància de la vida vegetal sobre l'animal. (Esquema de Rafael Coma, CEAB-CSIC.)

mes sèssils capturen part dels microorganismes que formen aquesta cadena tròfica i, en part, subministren nutrients per ajudar-los a créixer. Això és un dels efectes del que se'n diu acoblament entre plàncton (organismes de la columna d'aigua) i bentos. L'activitat i la reproducció resultant d'aquest acoblament a prop i en les comunitats que conformen els boscos animals és prou gran com perquè hi hagi prou aliment, tant per als mateixos habitants permanents de la comunitat, com per als que s'hi amaguen o hi transiten un temps. Una conseqüència lògica d'aquest fenomen és el fet que com més grans i més comuns siguin els boscos d'animals sèssils, més possibilitats tindran les espècies que hi busquen refugi.

Malauradament, l'activitat pesquera de ròssec està canviant tant el paisatge submarí i arrasant aquests boscos que les possibilitats de refugi seran cada vegada menors. La destrucció de l'hàbitat comporta que solucions provisionals, com ara la declaració de vedes en alguns períodes de l'any o durant alguns anys, tindran poca o nul·la efectivitat en la conservació per part l'home de les poblacions de les espècies que conformen els recursos naturals. Un fet que referma aquesta darrera afirmació és l'edat de molts d'aquests boscos. Els organismes sèssils que confor-



men la base estructural de les comunitats dels boscos animals creixen bastant a poc a poc. Les colònies de gorgònies d'un metro d'alçada tenen com a mínim una edat aproximada de cinquanta anys. Colònies de coralls blancs d'una mesura similar poden tenir centenars d'anys. Aquest creixement lent resulta de la necessitat de formar un esquelet calcari o corni. El procés de formació d'aquests boscos no és molt diferent del que coneixem per als boscos terrestres. Tot comença en l'assentament de les larves d'unes poques espècies, de les quals creixen les primeres colònies.

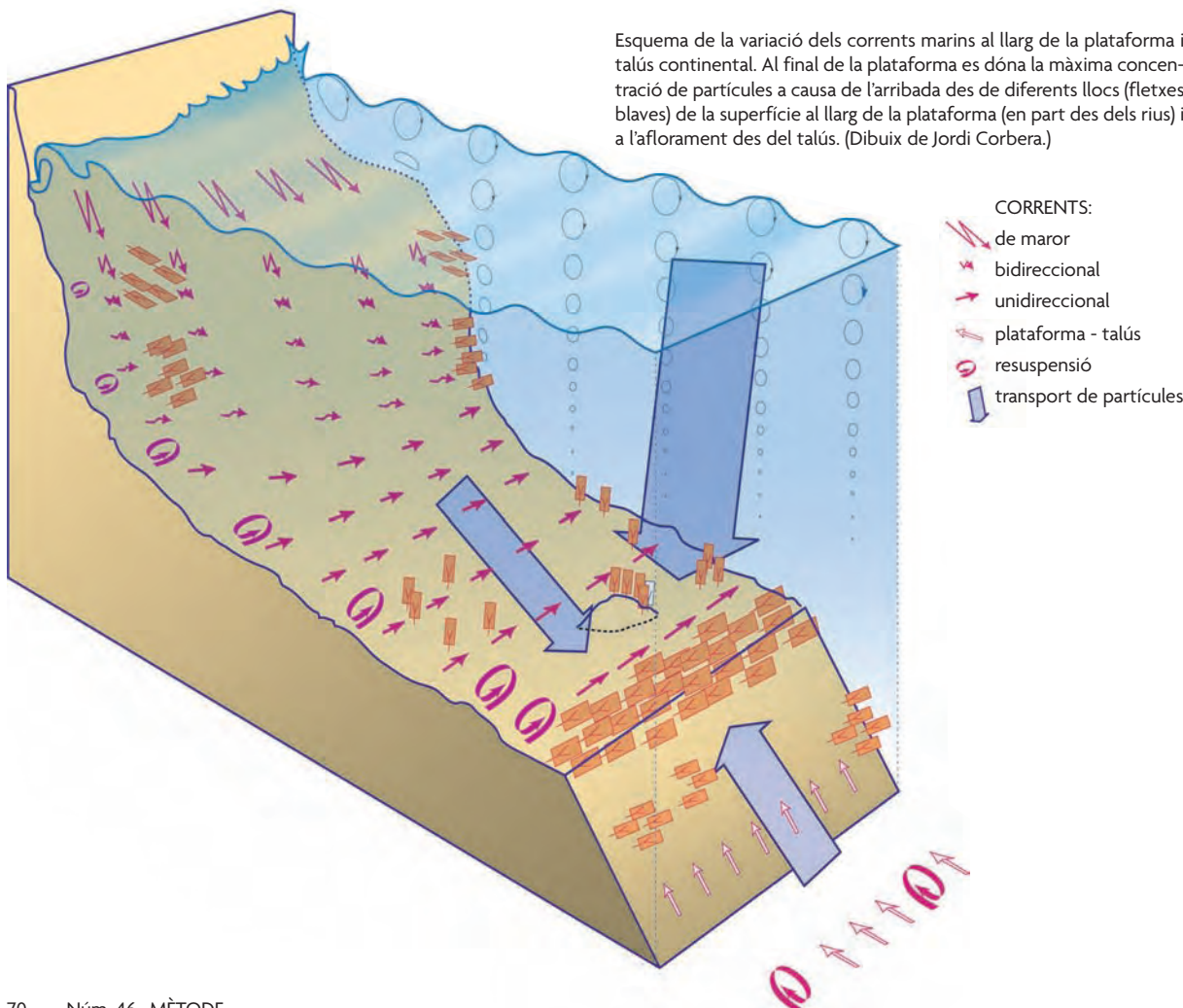
Aquestes han de ser mínimament grans per començar a incidir en els corrents i actuar com a retenidors eficaços de partícules per afavorir tant el seu creixement com el de noves espècies que entrin a formar part de la

comunitat o bosc. Així, a poc a poc, al llarg de dècades, es formen els bancs, esculls o boscos d'animals. Un altre factor que també representa un paper rellevant en la formació i manteniment d'aquestes comunitats és la reproducció.

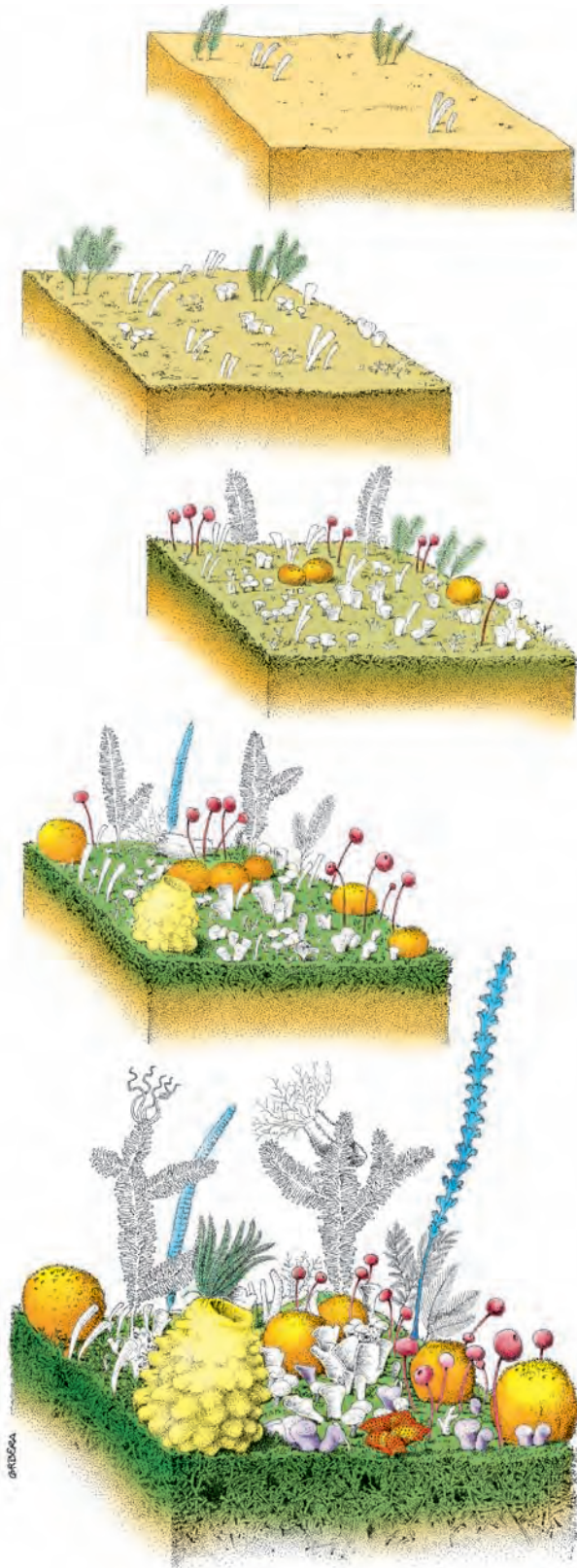
**«ENS ESTÀ PASSANT AL MAR  
EL QUE JA SUCCEEIX A LA SELVA  
AMAZÒNICA, L'ESTEM DESTRUINT  
ABANS DE CONÈIXER LES ENORMES  
POSSIBILITATS QUE ENS PODRIEN  
DONAR, ALS HUMANS, ELS  
SECRETS QUE ENCARA AMAGA»**

La majoria d'espècies sèssils presenten colònies o individus amb sexes separats i es reproduïxen tant sexualment com asexualment. Per a la reproducció sexual disposen de dos mecanismes de fecundació. Com que no es poden moure, alliberen els gàmetes al medi (a l'aigua) i així, flotant, s'han de trobar els dels dos sexes perquè es produeixi la fecundació que

donarà lloc a l'ou i, en pocs dies, a la larva que, una vegada assentada o fixada al substrat, generarà un altre individu o colònia. És fàcil d'imaginar que la taxa de fecundació és bastant baixa —en moltes espècies no es







Una visió sintetitzada de la formació d'un bosc animal al llarg del temps. És l'exemple d'una comunitat bentònica antàrtica on la diferent successió de les poblacions de les diferents espècies dona lloc després de molts anys a comunitats molt complexes i diverses. (Dibuix de Jordi Corbera.)

coneixen valors superiors al 20%– i que per aconseguir un mínim d'èxit les colònies mare han de produir un gran nombre de gàmetes. Per exemple, una colònia d'uns 20 centímetres de corall vermell, una gorgònia, produeix més de 2.000 ous. Per millorar l'èxit de la fecundació, l'estratègia és exactament la mateixa que utilitzen per capturar aliment: estar junts. Les poblacions han de formar agregats que recorden una altra vegada la imatge que tenim dels boscos terrestres. Al llarg del temps o de la successió s'hi van introduint noves espècies amb estructura de poblacions. El resultat final serà una elevada complexitat i diversitat en aquestes comunitats marines, tan singulars i alhora tan comunes.

#### ■ EXPLOTACIÓ DE LA PESCA

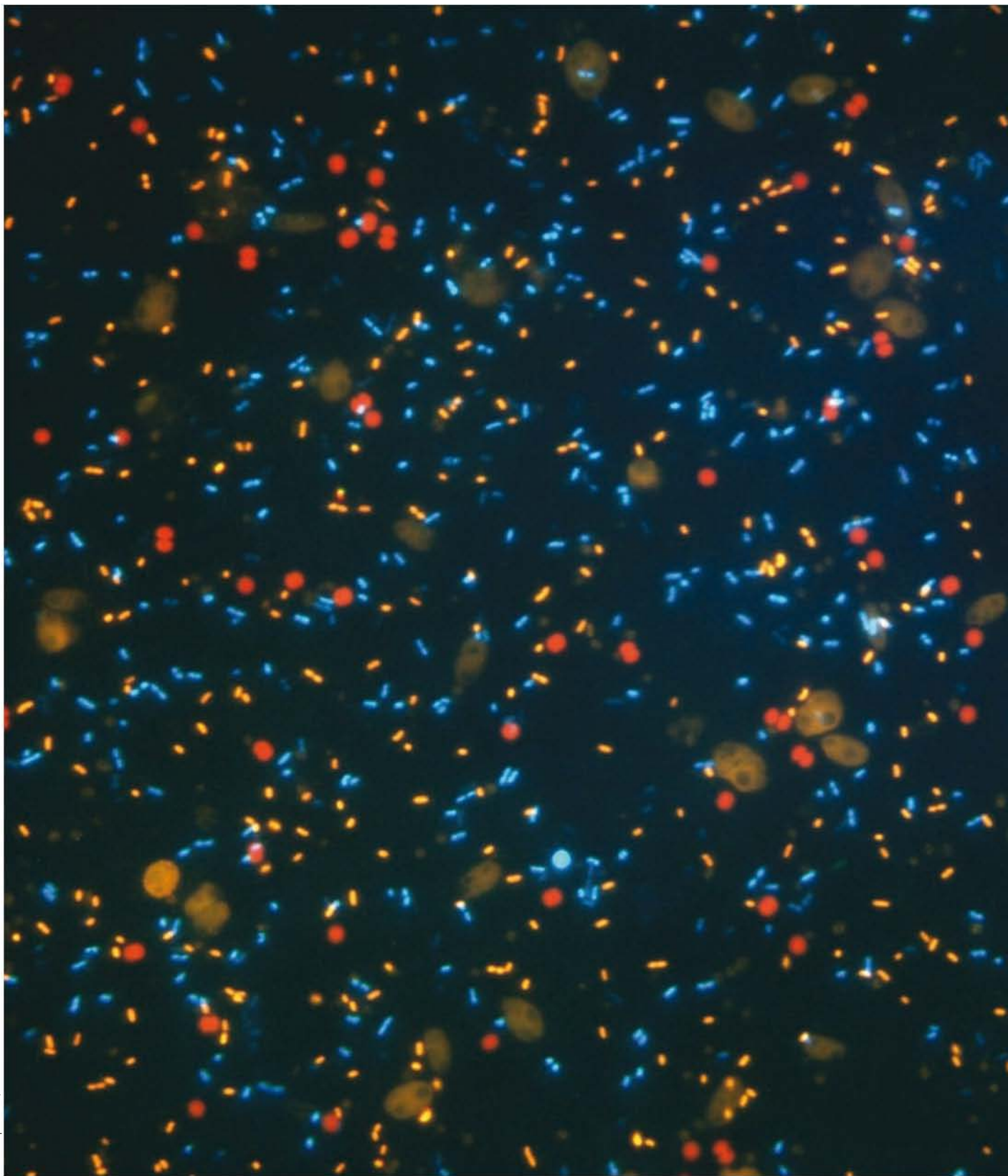
La situació actual de molts d'aquests boscos animals és bastant complicada. Com que es troben en llocs on la vida humana es concentra, han estat l'objectiu d'explotació de totes les flotes pesqueres. A la cerca de nous bancs per pescar, els vaixells de ròssec n'han destruït una gran quantitat. Es pensa que un de cada tres està afectat per l'activitat destructiva de les arts de ròssec de fons. Les tecnologies que han utilitzat els pescadors són tant o més sofisticades que les que podem tenir a bord dels vaixells de recerca oceanogràfica. Aquests avenços tecnològics, els han fet servir per millorar la capacitat de trobar les acumulacions de peixos al voltant dels boscos animals. Les arts han d'arrasar els boscos, que és on s'amaguen els peixos i crustacis objecte d'explotació. Encara que la destresa dels pescadors els permetria arrossegar per sobre dels boscos i capturar una part dels bancs de peixos, la cobdícia, juntament amb la impunitat de pescar on tan sols ells saben que hi ha peix, els ha dut a destruir sense límit les comunitats de fons. Ara que comencem a conèixer el més que rellevant paper ecològic que tenen aquests boscos per a l'equilibri dels oceans, potser hem fet tard per estudiar-los. Fent un símil amb els boscos terrestres, podríem dir que ens està passant al mar el que ja succeeix a la selva amazònica, l'estem destruint abans de conèixer les enormes possibilitats que ens podrien donar, als humans, els secrets que encara amaga. Una frase feta, però tota una realitat: l'home es l'única espècie que ensopega dues vegades amb la mateixa pedra. ☺

**Josep Maria Gili.** Dep. Biologia Marina de l'Institut de Ciències del Mar (CSIC), Barcelona.  
**Álvaro Peña Cantero.** Dep. de Zoologia, Facultat de Ciències Biològiques, Universitat de València.





© Dominique Marie, CNRS-Roscoff



Components del picoplàncton marí: bacteris (blaus), *Prochlorococcus* (vermells), *Synechococcus* (taronja) i flagel·lats (verd pàl·lid).



# XARXES INVISIBLES

## L'ART D'ESBRINAR QUANTS MICROORGANISMES MARINS HI HA, QUINS SÓN I QUÈ FAN

Josep M. Gasol, Ramon Massana i Carles Pedrós-Alió

*INVISIBLE NETS. THE ART OF CLARIFYING HOW MANY MARINE ORGANISMS THERE ARE, WHAT THEY ARE AND WHAT THEY DO. THE GREATER PART OF THE BIOMASS OF LIVING CREATURES IN THE OCEAN IS MADE UP OF MICROORGANISMS. FUNDAMENTAL TO EXPLAINING THE WAY THOSE ECOSYSTEMS WORK THEY ARE RESPONSIBLE FOR MOST OF THE BREATHING TAKING PLACE IN MARINE WATERS AND FOR THE HETEROTROPHIC USE OF ORGANIC COMPOSTS. ALL IN ALL IT WAS NOT UNTIL THE END OF THE 20TH CENTURY WITH THE DEVELOPMENT OF MICROSCOPIC INSTRUMENTATION THAT THEIR TASK HAS BEEN APPRECIATED, PUTTING INTO DOUBT THE DOMINANT BELIEF THAT ALGAE ARE THE MAIN GENERATORS OF PRIMARY PRODUCTION (BINDING CARBON). NOWADAYS, GENOMICS HAS ENABLED US TO GAIN INSIGHT INTO THE FUNCTIONS OF MICROORGANISMS THAT WE DID NOT KNOW WERE PRESENT IN THE PLANKTON.*

No resulta gens evident quan ens mirem el mar. Però les aigües en les quals ens acabem de banyar són curulles de vida, i això que no s'hi veu cap peix. I és que la major part de la vida al mar és formada per organismes microscòpics visibles només amb aparellatge especialitzat. Si volguéssim reproduir a casa un mar artificial, primer caldria fer l'aigua salada: afegint uns 35 grams de sals per litre d'aigua. I després, afegir-hi els organismes. Quants? Doncs en un litre, 1.000 ciliats, 10.000 algues grans, un milió d'algues petites, mil milions de bacteris i deu mil milions de virus (a la fig. 1 n'hi ha alguns exemples). Déu-n'hi do la "gentada" que es troba en un litre d'aigua de mar. Dit d'una altra manera, hi ha tants organismes microscòpics en un litre d'aigua que si uns pescadors de teranyina volguessin reunir la mateixa quantitat d'anxoves que de bacteris hi ha en una gota, haurien de treballar ininterrompudament durant gairebé quatre anys. El nombre de microorganismes al mar és només comparable al nombre de grans de sorra que hi ha en una platja. En un litre d'aigua hi ha aproximadament tants microorganismes com grans en un metre cúbic de sorra. És a dir, molts. I malgrat ser tants, no els trobareu específicament anomenats a cap peixera de l'Aquàrium de Barcelona o l'Oceanogràfic de València.

I potser el més important és que aproximadament la meitat de la producció primària (la fixació de carboni) de la Terra és deguda a microorganismes. La major part de la respiració a les aigües marines és també deguda

als microorganismes, i això és així perquè més del 90% de la biomassa d'éssers vius a l'oceà són microorganismes. L'alè de la Terra, allò que fa que diguem que la Terra és un planeta viu, és producte sobretot de l'activitat dels microorganismes marins.

Però la majoria dels microbis marins no creixen al laboratori, i per tant, ben poca cosa sabem de la diversitat que amaguen en una xarxa que ens resulta invisible. Només amb eines microscòpiques potents, tècniques de laboratori sensibles, i aparells moleculars que permetin estudiar el material genètic present a la mostra podrem conèixer qui són i què fan els habitants més abundants del medi marí. És interessant veure com ha anat evolucionant el nostre coneixement sobre els microorganismes marins, particularment els bacteris. El coneixement ha anat avançant a salts, impulsats sovint per l'accessibilitat dels oceanògrafs marins a tècniques noves i, en fer-ho, sovint ha generat sorpreses, han aparegut coses inesperades que han fet trontollar i refer els paradigmes que fins al moment dominaven. D'això en parlarem aquí.

Fins fa tres dècades, la imatge que es tenia de les xarxes tròfiques marines era la representada a la fig. 2a: la producció primària, la generaven les algues de mesures situades entre 2 i 200  $\mu\text{m}$  (mil·lèsimes de mm), i aquesta producció primària representava l'aliment dels protistes ciliats (mides: 30 - 500  $\mu\text{m}$ ) i dels copèpodes (el zooplàncton). Alhora, els peixos s'alimentaven d'aquests copèpodes. En aquest esquema, els

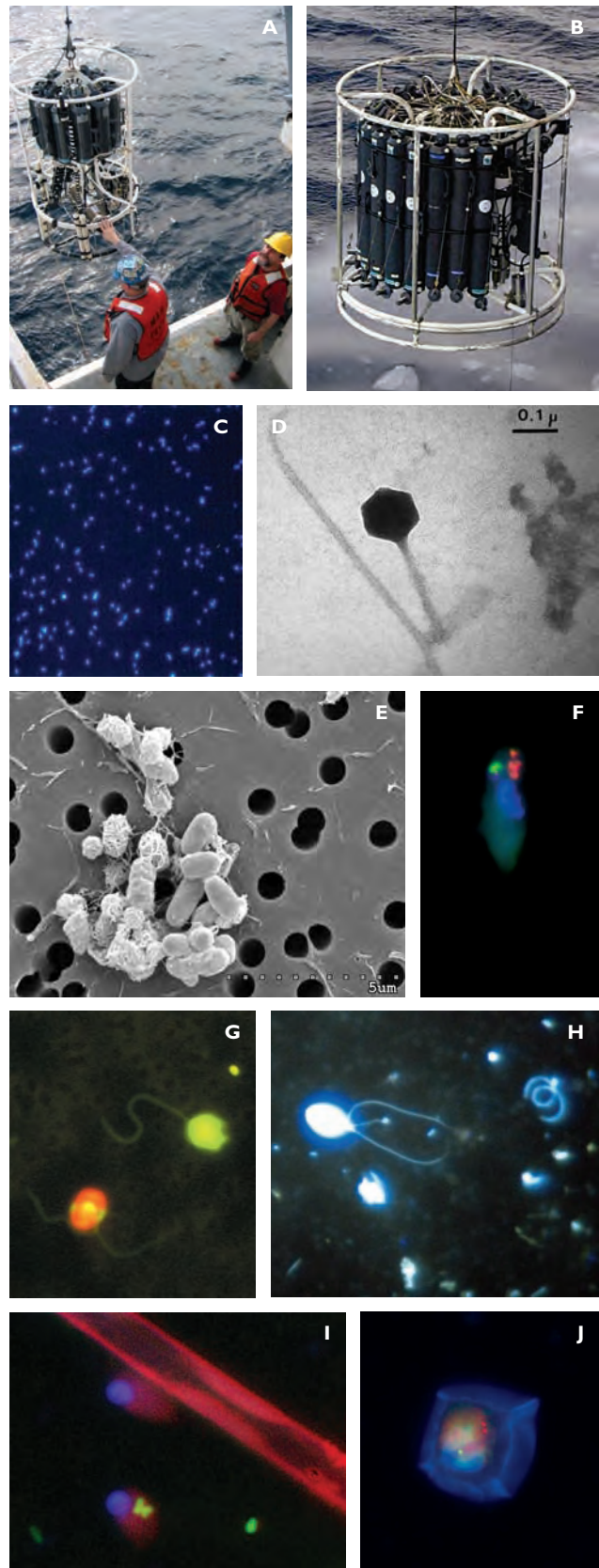




microorganismes eren totalment innecessaris per a explicar el funcionament de l'oceà. En part això era causat perquè les tècniques que s'usaven en aquell moment per determinar l'abundància de bacteris provenien de la microbiologia mèdica: medis de cultiu en placa molt rics en components orgànics. Però diversos investigadors havien vist que alguna cosa no lligava. Així com una bona part de la producció primària quedava retinguda per filtres de  $20\ \mu\text{m}$  (és a dir, era portada a terme per organismes més grans d'aquesta mesura), la major part de la respiració i de la utilització heterotròfica de compostos orgànics tenia lloc en organismes menors d' $1\ \mu\text{m}$ . És a dir, havia de ser deguda als bacteris. Cap al 1975 (vegeu taula 1) es van introduir a la biologia marina tècniques de tinció de DNA i d'epifluorescència, i immediatament mostrarem que al mar hi havia si fa no fa un milió de bacteris per mil·lilitre.

Malgrat l'evidència directa, però, no va ser fins uns quants anys després, a començament dels vuitanta, que, amb l'ajut de traçadors radioactius, es va demostrar que els bacteris no sols eren abundants, sinó que també eren una part dinàmica de l'ecosistema marí: creixien i es duplicaven ràpidament i la seva producció podia arribar al 30% de la producció primària. Els bacteris es desenvolupaven usant la matèria orgànica dissolta i particulada produïda pels productors primaris, les algues, però també utilitzant matèria orgànica d'origen terrestre, i degradant fragments orgànics provinents de les restes de l'alimentació de copèpodes sobre algues i peixos sobre copèpodes. Quan es va començar a veure que els bacteris marins eren molt abundants, creixien, es reproduïen i participaven activament en la producció de l'ecosistema i en els cicles biogeoquímics de l'oceà, va ser quan la major part d'oceanògrafs van començar a pensar que aquella xarxa tròfica de la fig. 2a potser no era la dominant a l'oceà.

Figura 1. Imatges del mostreig de comunitats planctòniques marines al Pacífic (A) i a l'Antàrtida (B). L'aparell és una roseta d'ampolles oceanogràfiques agafades a un sensor CTD (de conductivitat, temperatura i densitat). Imatges de diversos microorganismes observats amb diferents tipus de microscòpia. C) Bacteris tenyits amb DAPI i observats amb epifluorescència de radiació ultraviolada. D) Imatge d'un bacteriòfag amb microscòpia electrònica de transmissió. E) Bacteris observats amb microscòpia electrònica d'escandallatge. Els porus del filtre fan  $0,2\ \mu\text{m}$  de diàmetre. F) Un ciliat, amb el nucli tenyit de blau, que ha menjat bacteris (grosos) i *Synechococcus* (taronja). G) Un flagel·lat heterotròfic (groc) i un de fototròfic (vermellós) en mostres de l'Àrtic. H) Un flagel·lat heterotròfic. I) Flagel·lats fototròfics (vermells de la clorofil·la i blau de la tinció del nucli) un dels quals ha ingerit bacteris (groc) i és per tant mixotròfic. També s'hi veu una diatomea. J) Un dinoflagel·lat amb el nucli tenyit de blau i vermell de la clorofil·la. (Imatges F, I i J, de Fernando Unrein; C, de Klaus Jürgens; G, de Dolores Vaqué; D, de Núria Guixa-Boixereu; E, de José M. Fortuño.)





Si els bacteris creixien, encara que quan es prenen mostres al llarg del temps no es veia que n'augmentés la concentració, era evident que calia un mecanisme que “eliminés” bacteris del medi, i aquest mecanisme es va trobar a començament dels anys vuitanta, quan es va fer evident que, a part de bacteris, a l'oceà hi havia també molts protists unicel·lulars, flagel·lats heterotròfics en concentracions properes als 1.000 organismes per mil·lilitre que depredaven els bacteris. Alhora, aquests flagel·lats servien d'aliment al zooplàncton, de manera que “enllaçaven” el que es va anomenar la xarxa tròfica microbiana (bacteris que utilitzen matèria orgànica i que són aliment de protists unicel·lulars) amb la xarxa tròfica clàssica (el zooplàncton que és aliment de peixos). D'aquí que es parlés del bucle microbià (*microbial loop*) pel qual el carboni que hom creia que es perdia del sistema, de fet era reintroduït per acció dels bacteris i els flagel·lats heterotròfics (fig. 2b).

Quan ja es pensava que es coneixia l'estructura de les xarxes tròfiques marines i els principals fluxos biològics entre components de la xarxa, tres descobriments de finals dels anys vuitanta i començament del noranta van fer adonar els biòlegs marins que la “xarxa invisible” de microorganismes al mar encara amagava secrets rellevants. Primer, es va veure que una bona part de protists marins presumptament heterotròfics de fet eren mixotròfics. És a dir, tant podien fer la fotosíntesi –i per tant tenien pigments i ecològicament se'ls podia considerar com a algues– com podien comportar-se com a depredadors de bacteris i, per tant, eren alhora autotròfics i heterotròfics. Una estratègia que té sentit si es pensa que el mar és un ambient relativament pobre en nutrients i que ser capaç d'usar totes les possibilitats metabòliques permet més possibilitats per a sobreviure. Pràcticament alhora, i gràcies a la introducció de la cromatografia líquida d'alta pressió en l'estudi dels pigments de les algues, i a la de la citometria de flux –tecnologia originària de la biomedicina clínica–, es va descobrir que al mar hi havia un organisme, de mesura i estructura cel·lular bacteriana (0,8 µm de diàmetre), que era fotosintètic i extremadament abundant. El *Prochlorococcus*, que així és com s'anomena, és tan abundant i tan estès pels mars temperats i càlids de l'oceà que hi ha qui ha dit que probablement és l'organisme fotosintètic més abundant de la Terra. Us imagineu que ara, de sobte, algú descobrís als boscos tropicals una espècie de planta que resultés ser la més abundosa i estigués estesa arreu de la Terra? Sorprendria, oi? Doncs així ens vam quedar quan a finals dels vuitanta es va conèixer aquest organisme. Finalment, a començament dels noranta es va descobrir que els microorganismes marins, bacteris i protists, no se salvaven de ser atacats per virus i la mortalitat causada

Data apr.	Descobriments o canvi conceptual proposat
1977	Hi ha molts més bacteris al mar del que pensàvem.
1980	Aquests bacteris creixen i es reproduïxen activament.
1982	Els bacteris són depredats activament, sobretot per flagel·lats heterotròfics.
1986-1988	Flagel·lats i ciliats poden ser mixotròfics.
1988	Descobriments de <i>Prochlorococcus</i> (alguns bacteris fan la funció d'algues).
1990	Els virus representen un paper important a les xarxes tròfiques planctòniques.
1990	La major part de bacteris marins són totalment desconeguts.
1992-1994	Hi ha arqueus al plàncton marí, fins i tot a l'Antàrtida.
1995	No tots els bacteris que veiem són vius ni estan actius.
1997	La respiració dels bacteris marins supera la producció primària en mars oligotròfics.
1998-2000	Desenvolupament de tècniques per a l'anàlisi cel·lular a escala individual.
2000	Descobriments d'organismes fotoheterotròfics al mar.
2001	Els arqueus dominen al mar profund aeròbic i relativament temperat.
2001	Nous cianobacteris unicel·lulars que també fixen nitrogen.
2001	Es descobreix la diversitat amagada en els petits eucariotes marins.
2002	S'aconsegueix aïllar un SAR11 en cultiu pur.
2003	Se seqüencien els genomes de <i>Prochlorococcus</i> i <i>Synechococcus</i> .
2003	S'aïllen virus de <i>Prochlorococcus</i> i de diatomees.
2004	Reconstrucció del metagenoma del mar dels Sargassos.
2005	Els arqueus marins tenen metabolismes quimioheterotròfics.

Taula 1. Algunes fites rellevants en el coneixement de l'estructura i el funcionament de les xarxes tròfiques microbianes marines

pels virus podia explicar moments en els quals hi havia alta producció bacteriana però poca mortalitat per protists. Els virus també atacaven els bacteris i podien ser responsables de fins a la meitat de la mortalitat bacteriana. Malgrat això, fins fa dos anys encara no es coneixia cap virus que atacés *Prochlorococcus*, i fins fa molt poc no se'n coneixien que atacessin les diatomees, un grup d'algues eucariotes que dominen les xarxes tròfiques de les regions oceàniques amb més nutrients, més producció primària i més producció pesquera.

La presència d'organismes amb la funció ecològica de les algues, però de mida i estructura bacteriana, i el paper dels virus fan replantejar la xarxa tròfica microbiana (fig. 2b), ampliant els enllaços d'aquesta malla invisible (fig. 2c). La dècada dels noranta va portar també altres sacsejades al paradigma, com quan es va fer evident que no tots els bacteris del plàncton eren vius, sinó que una fracció dels que havíem comptat des de sempre eren inactius, o fins i tot alguns eren morts (o ni tan sols eren bacteris, sinó restes de membranes



de bacteris lisats per virus o mig menjats per flagel·lats). Un altre treball rellevant, publicat el 1997, va donar a conèixer que l'activitat respiratòria dels bacteris podia ser, en determinats ambients marins, més elevada que l'activitat dels productors primaris, de manera que el balanç net metabòlic de l'ecosistema era de producció de CO<sub>2</sub>, i no de consum d'aquest CO<sub>2</sub> i producció d'oxigen com es pensava fins al moment. Aquest estudi, i d'altres que el van seguir, van encetar una polèmica que encara dura, al voltant de si el balanç net metabòlic de l'oceà és heterotròfic o autotròfic.

Però un dels avenços més significatius va tenir lloc quan, l'any 1990, tècniques manllevades dels laboratoris de biologia molecular es van aplicar per primera vegada a l'estudi de la diversitat microbiana marina. El

resultat dels primers estudis va tornar a trencar paradigmes: la major part dels bacteris que es trobaven al mar no havien estat mai aïllats en cultiu (i, alhora, la majoria dels que s'havien aïllat del mar, eren irrelevants a la natura). No sols això, sinó que alguns grups concrets d'organismes, com els anomenats SAR11, un subgrup dels alfa-proteobacteris, apareixien a la major part d'oceans que s'estudiaven. De fet, encara ara hi ha molts grups d'organismes marins que no s'han aconseguit aïllar i que no se sap quina mena de metabolisme tenen, ni quina és la seva funció a l'oceà (fig. 4). Una altra sorpresa va arribar tot seguit. Els arqueobacteris són organismes procarionts aparentment semblants als bacteris, però que pertanyen a una línia evolutiva diferent, de fet entremig dels bacteris i dels eucarionts. Tots els arqueo-

## MÈTODES MOLECULARS PER A ESTUDIAR LA DIVERSITAT DELS MICROORGANISMES MARINS

Una manera d'estudiar la diversitat dels microorganismes marins és estudiar-ne el DNA. Quina part del DNA? Doncs una molècula que serveixi de marcador filogenètic. Una molècula evolutivament estable, important i que per tant hagi variat poc al llarg de l'evolució, però suficientment llarga per a ser una mica diferent en organismes evolutivament propers i molt diferent en organismes llunyans. La molècula triada en la major part de treballs és el fragment de DNA que codifica per al RNA que forma la subunitat petita del ribosoma (el RNA 16S o 18S). Aquesta molècula va ser la triada per Carl Woese per dibuixar l'arbre de la vida, i el seu estudi va ensenyar que els éssers vius es divideixen en tres grups: els eucarionts, els bacteris i els arqueus (fig. 4). Després d'amplificar, mitjançant la tècnica de la PCR, el DNA d'una mostra de microorganis-

mes marins recollida de l'oceà (fig. 1), es pot clonar (repliar dins d'un bacteri portador) i seqüenciar tots els fragments bacterians presents a la mostra i generar així una genoteca, una biblioteca genètica dels rRNA 16S. Cadascuna de les seves seqüències es pot mirar de situar dins de l'arbre filogenètic dels organismes coneguts. Si la seqüència ja es coneixia, apareixerà prop de les dels organismes coneguts. Si la seqüència és nova i desconeguda, apareixerà separada de la dels organismes coneguts. I si es tracta de tot un grup nou, les seqüències provinents del material recollit al mar apareixeran agrupades formant una branca nova. De les branques de bacteris que apareixen normalment al mar (marcades a la figura), només algunes tenen representants en cultiu.

J. M. G. / R. M. / C. P. A.

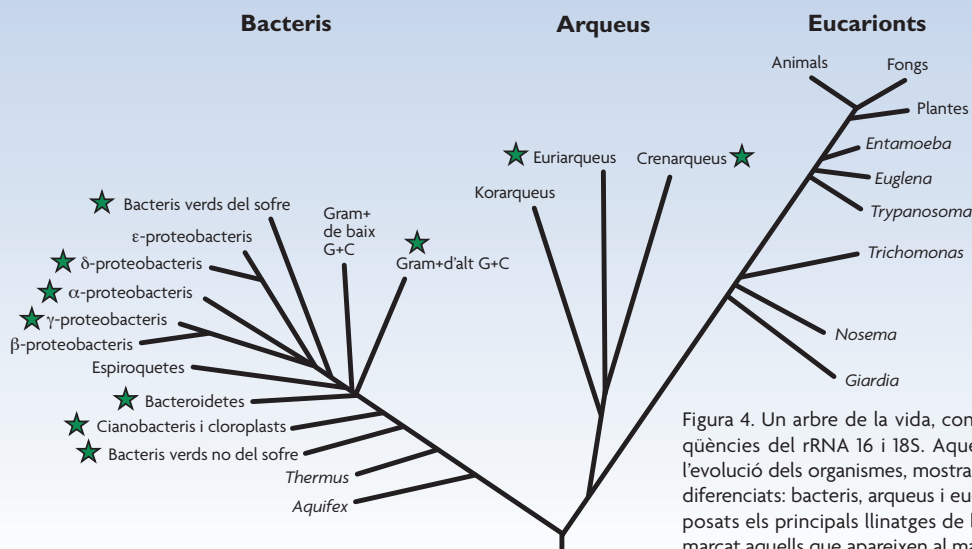


Figura 4. Un arbre de la vida, construït a partir de les seqüències del rRNA 16 i 18S. Aquest arbre, que reflecteix l'evolució dels organismes, mostra que hi ha tres grups ben diferenciats: bacteris, arqueus i eucarionts. A l'arbre hi hem posats els principals llinatges de bacteris i arqueus, i hem marcat aquells que apareixen al mar (estels verds).



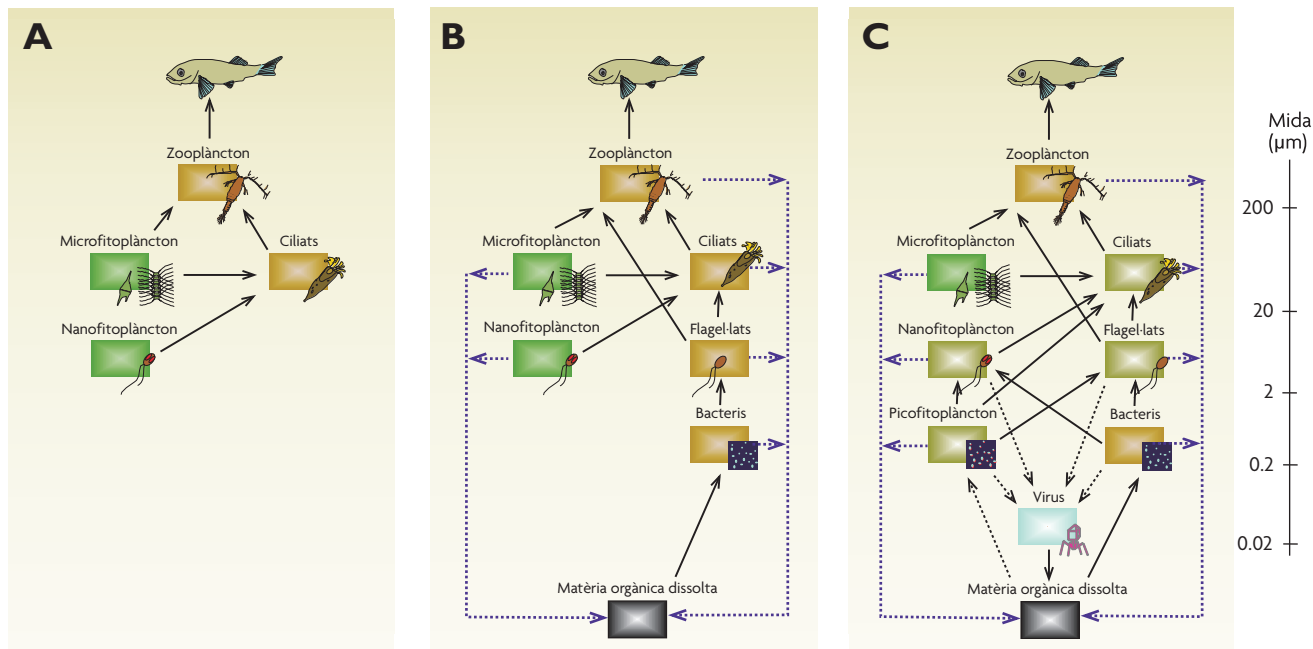


Figura 2. Tres models de xarxa tròfica planctònica amb indicació dels fluxos de carboni particulat (ratlles contínues) i de carboni orgànic dissolt i nutrients inorgànics (ratlles blaves discontinues). El model de l'esquerra (A) és el vigent abans de 1970, el central (B) exemplifica el concepte de "bucle microbià"; i el de la dreta (C) és el model que es creu correcte actualment. Les escales de la dreta mostren la mesura mitjana aproximada dels organismes, i els colors de les capses reflecteixen si es tracta de grups autotròfics (verd), heterotròfics (marró vermellós) o mixotròfics (marró verdós).

bacteris que es coneixien fins al moment havien estat aïllats de llocs hipersalins, d'ambients de temperatura molt elevada, o eren simbiotes d'altres organismes. Per tant, no s'esperava que n'hi hagués al mar, i encara menys que n'hi hagués als mars antàrtics amb molt d'oxigen i temperatures fregant els zero graus. I vet aquí que l'any 1994 es va trobar que els arqueus podien representar el 20% dels procarionts antàrtics. I l'any 2001 es va saber que els arqueus dominaven el mar profund, per sota dels 2.000 metres, ambients freds i plens d'oxigen. I encara més, gràcies al desenvolupament de tècniques que permeten "interrogar" cèl·lules individuals de microorganismes (com ara la microautoradiografia, usant sondes radioactives combinades amb sondes filogenètiques), fa poc hem sabut que, molt possiblement, els arqueus marins tenen metabolismes quimioheterotròfics, que fixen  $\text{CO}_2$  amb energia obtinguda de reaccions químiques d'oxidació-reducció. L'aplicació de les mateixes tècniques de biologia molecular que van permetre "obrir" la caixa negra dels bacteris (a partir de l'any 1990) i dels arqueus (a partir del 1992) per saber de quins elements estava composta es va fer l'any 2001 als protists marins. També aquí vam veure que hi havia grups que no es coneixien abans i que semblaven dominar en molts oceans diferents. I ens adonarem que sabem molt poc del metabolisme d'aquests organismes.

Els darrers anys han portat nous descobriments que, sovint, ens han fet canviar algunes idees que considerà-

vem fixes. Per exemple, hom creia que era impossible que hi hagués cianobacteris unicel·lulars que fessin fotosíntesi i fixació de nitrogen, perquè els dos metabolismes es creia que eren incompatibles en la mateixa cèl·lula —l'oxigen produït a la fotosíntesi inhibeix els enzims de la fixació de nitrogen— i els cianobacteris filamentosos segreguen les dues funcions en cèl·lules especialitzades diferents. Doncs bé, l'any 2001 es van trobar cianobacteris unicel·lulars i fixadors de nitrogen. A les tècniques de biologia molecular s'hi han afegit avenços en les tècniques de cultiu i en les d'aïllament i anàlisi de cèl·lules individuals. Així, l'any 2002 es presentava, per primera vegada, l'aïllament en cultiu pur d'un representant dels SAR11, anomenat *Pelagibacter ubique*, un dels bacteris marins dels quals es trobava sempre el DNA, però que no se'n sabia res de la seva morfologia, ni del metabolisme, ni de l'ecologia. Resulta ser un organisme típicament oligotrof: és petit, creix amb poca concentració de nutrients (una alta concentració els inhibeix), i no arriba mai a concentracions elevades en cultiu.

El darrer avenç rellevant en l'estudi dels microorganismes marins ha estat obtingut per l'aplicació de tècniques de seqüenciament ràpid de tot el genoma dels organismes que estan en cultiu, o de tot el contingut genètic present en una mostra de plàncton. Tot i que la seqüenciament era possible des de feia temps, no es va emprar per a diversos organismes sencers fins als

## LA GENÒMICA AMBIENTAL

La genòmica és la ciència que analitza l'estructura del genoma per tal de descobrir i estudiar els gens que el componen i establir-ne la funció. La genòmica ambiental intenta comprendre el sentit que té la variabilitat dels genomes dels organismes al medi. S'hi estudia tant la variabilitat dels gens que determinen una funció ecològica o bioquímica (per exemple, els gens de la fixació de nitrogen), com l'anàlisi completa del genoma d'organismes rellevants en el medi, i l'anàlisi global del metagenoma (el conjunt de tots els genomes de tots els éssers vius d'un ambient determinat).

Un exemple explicarà la utilitat d'aquestes tècniques. Els bacteris marins que es comporten ecològicament com les algues pertanyen a dos gèneres de cianobacteris molt relacionats segons el seu rRNA: *Synechococcus* i *Prochlorococcus*. Aquests dos gèneres poden ser responsables de fins a dos terços de la fotosíntesi al mar i, tret d'aigües molt fredes, es troben a tot arreu on hi ha llum. Fa poc van poder seqüenciar-se els genomes complets d'una soca de *Synechococcus* (WH8102) i tres de *Prochlorococcus* (MIT9313, MED4, SS120). Segons el rRNA 16S, les tres soques de *Prochlorococcus* són de la mateixa espècie. Ara bé, la soca MIT9313 té un genoma que és pràcticament el doble de mida (i de contingut gènic) del de les altres dues soques. Com és possible que dues soques de

la mateixa espècie tinguin genomes tan diferents? La raó podria estar en el tipus d'ambient a què està adaptada cada soca. Així, la soca MED4 està adaptada a viure a la superfície de l'oceà, en zones ben estratificades, i on la qualitat i la quantitat de llum és força constant. En canvi, la soca SS120 es va aïllar de la termoclina, on les condicions de llum hi són constants, però més baixes i de diferent qualitat. Finalment, la soca MIT9313 es va aïllar de zones intermèdies, on les condicions no són tan constants, sinó que s'hi alternen condicions properes a les de la superfície i condicions properes a les de la termoclina. Sembla, doncs, lògic que la soca MIT9313, que pot desenvolupar-se en ambients diferents i sembla ser generalista, tingui més gens que no pas les soques adaptades a ambients concrets i que són molt més especialitzades. El cas del *Synechococcus* seria semblant: té un genoma relativament ampli (similar en mida al de la soca MIT9313), i viu en situacions d'aflorament d'aigües profundes, on hi ha bastant barreja vertical de les aigües i es pot, per tant, trobar exposat a situacions ecològiques diferents (fig. 5).

Una de les troballes derivades de l'anàlisi dels genomes sembla confirmar aquesta interpretació. Les quatre soques tenen gens per a la utilització de l'amoni com a font de nitrogen. Però les dues soques de genoma petit (SS120 i MED4) només podrien usar una font addicional de nitrogen, mentre que les dues soques de genoma gran (MIT9313 i WH8102) podrien utilitzar nitrit, nitrat, urea, aminoàcids, etc. Sembla que, en l'especialització per a colonitzar ambients constants, MED4 i SS120 s'han desfet de tots els gens que no els eren necessaris, reduint la mida del genoma al mínim imprescindible. A més, la soca de superfície (MED4) té només un gen per a proteïnes de captació de llum, la soca de fondàries intermèdies (MIT9313) en té dos, i la de més fondària (SS120) en té vuit, cosa que mostra que el més rellevant per a un organisme fotosintètic que viu en fondària és estar especialitzat en la captació màxima de la poca llum que li arriba. És ben sorprenent que l'evolució permeti aquests canvis dràstics en el genoma de soques aparentment tan semblants (almenys pel que fa a l'rRNA 16S). De fet, si s'analitzen els gens de cada soca es veu que el *Prochlorococcus* MIT9313 i el *Synechococcus* WH8102 comparteixen el 75% dels seus gens. Espècies aparentment distants compartint la major part del seu genoma. L'exemple dels cianobacteris marins il·lustra com els estudis de genòmica poden produir canvis dràstics en la nostra manera d'entendre la fisiologia, l'ecologia i l'evolució dels microorganismes marins.

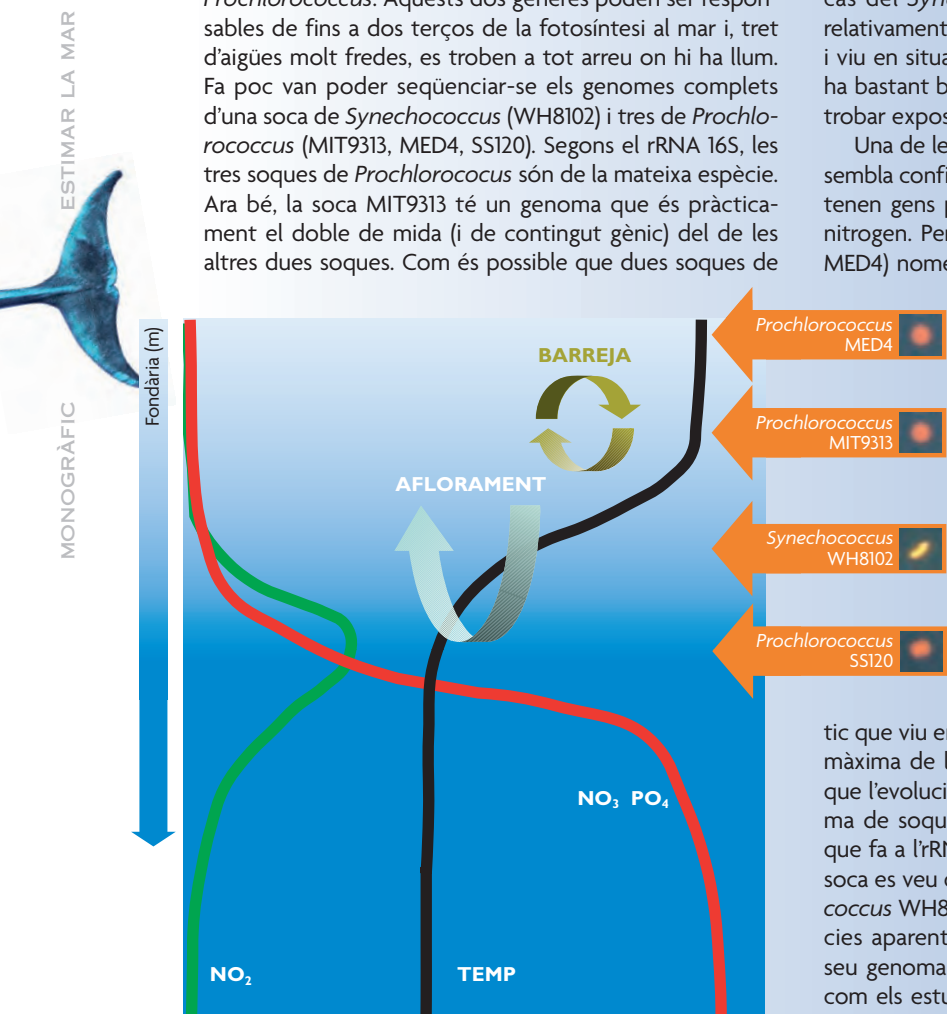
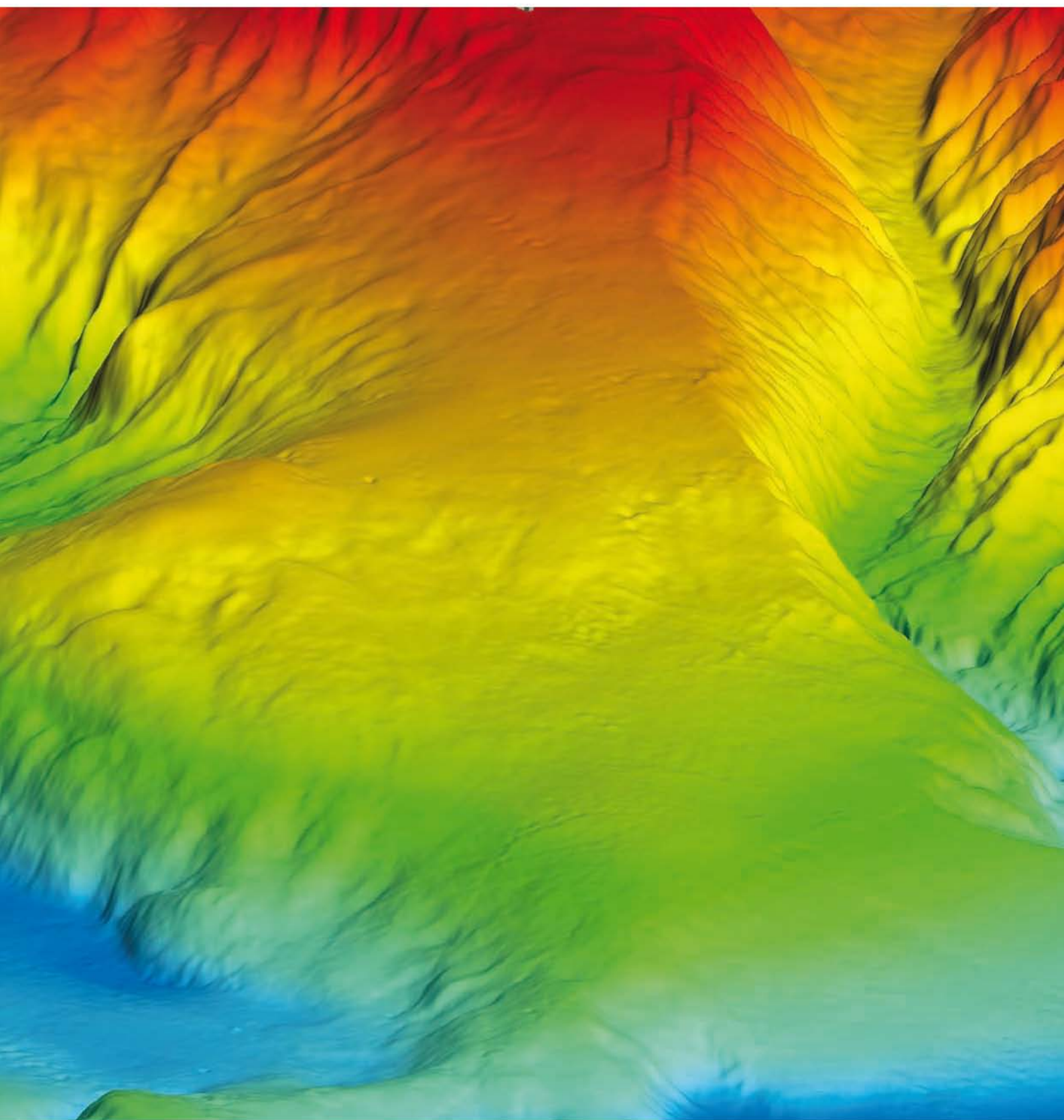


Figura 5. Esquema de la distribució ecològica de les soques de cianobacteris seqüenciades. Representa una columna d'aigua estratificada i que determina ambients diferents per al creixement de les diferents soques. (Adaptat de Rocap i altres (2003): *Nature*, 424: 1.042-1.047.)

J. M. G. / R. M. / C. P. A.









# COM S'EXPLORA EL FONS I EL SUBSÒL MARÍ?

## EINES I APLICACIONS EN GEOCIÈNCIES MARINES

Eulàlia Gràcia i Susana Díez

*HOW DO WE EXPLORE THE SEAFLOOR AND SUB-SEAFLOOR? TOOLS AND APPLICATIONS IN MARINE GEOSCIENCES. MORE THAN 70% OF EARTH'S SURFACE IS COVERED BY THE OCEANS, HOWEVER, THERE IS LITTLE IN-DEPTH KNOWLEDGE OF THEIR SUBMARINE TOPOGRAPHY, INTERNAL STRUCTURES AND ACTIVE PROCESSES. PROGRESS IN MARINE GEOSCIENCES IS CLOSELY LINKED TO TECHNOLOGY AND THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED INSTRUMENTATION FOR GEOPHYSICAL EXPLORATION. THUS, THE TECHNOLOGICAL REVOLUTION THAT HAS TAKEN PLACE OVER RECENT YEARS WILL ALLOW US TO GAIN A BETTER UNDERSTANDING OF THE HISTORY AND EVOLUTION OF OUR PLANET.*

### ■ PER QUÈ ESTUDIEM EL FONS I EL SUBSÒL MARÍ?

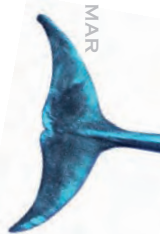
Dues terceres parts de la superfície del nostre planeta estan cobertes per aigua. Si buidéssim tota l'aigua de les conques oceàniques, se'ns revelaria una complexa fisiografia dominada pel sistema de dorsals oceàniques que encerclen tot el globus entre profundes planes abissals, fosses i muntanyes submarines. Els fons oceànics es caracteritzen per tenir una topografia molt més acusada que els continents: l'elevació mitjana dels continents és de 850 m, mentre que als oceans és de 3.800 m, i fins i tot arriba als 11.000 m a la fossa de les Marianes, al Pacífic Oest. Aquestes diferències entre zones continentals i oceàniques també es reflecteixen en l'edat de les roques que s'hi troben. Així, les roques més antigues que es troben als fons oceànics són de fa 170 m.a. (juràssic mitjà), molt més "joves" que als continents, on podem arribar a trobar roques de fins a 3.700 m.a. d'antiguitat (precambrià). Això en bona part és motivat per a la dinàmica de les plaques litosfèriques, que provoca que l'escorça oceànica més vella es destrueixi i recicli al llarg dels marges convergents o zones de subducció, i contínuament se'n generi de nova al llarg de les dorsals oceàniques.

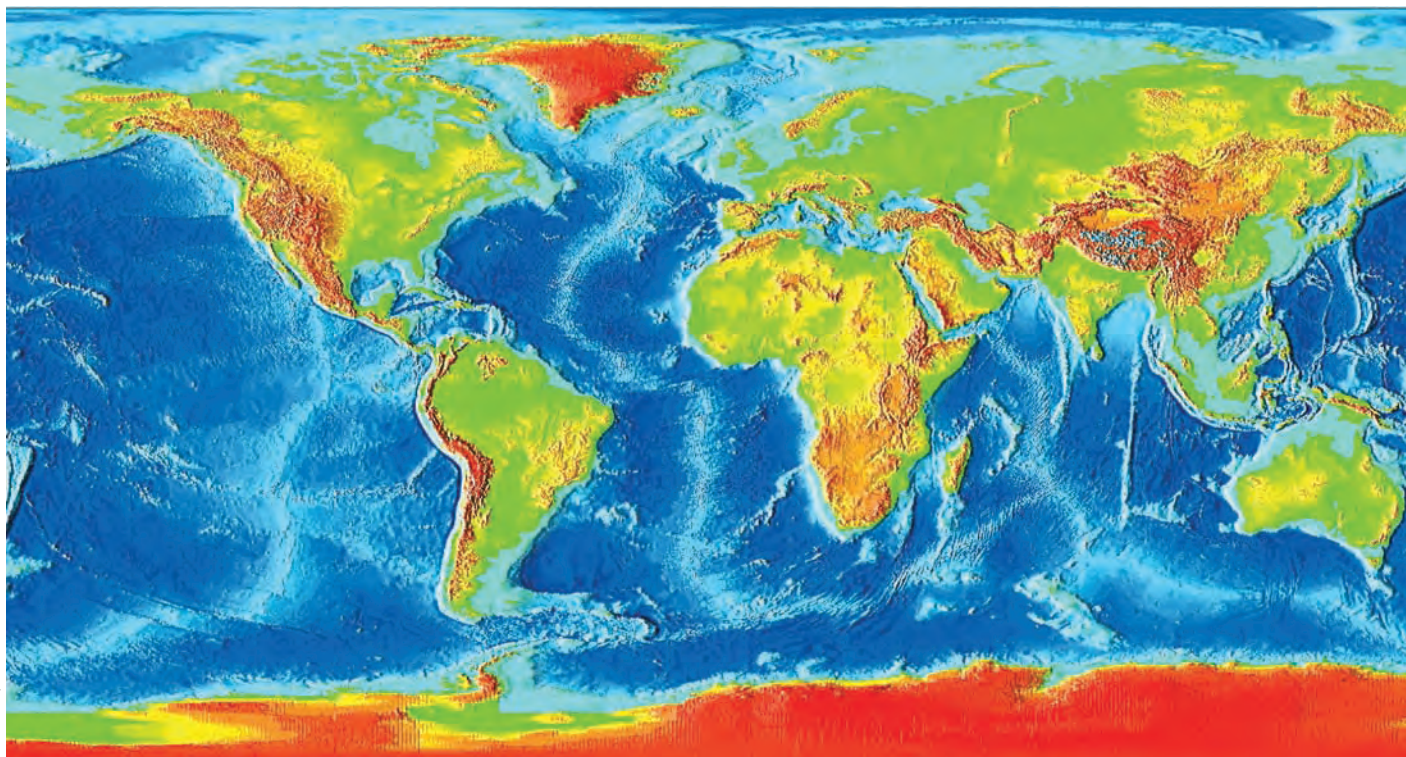
Els fons dels oceans són el terreny d'estudi d'una bona part dels investigadors en geociències marines, incloent-hi des de les platges i llacunes costaneres, travessant la plataforma continental fins a les profundes conques oceàniques. L'objectiu principal de la geologia i geofísica marines és comprendre l'estructura dels fons oceànics i dels diferents tipus de processos que s'hi esdevenen, per a un millor coneixement sobre la

història i evolució del nostre planeta. D'aquesta manera, les exploracions realitzades durant els anys seixanta en l'oceà profund mitjançant instrumentació marina especialitzada varen permetre desenvolupar extraordinàriament el nostre coneixement sobre la Terra i van representar un paper fonamental en l'establiment de la moderna teoria de la tectònica de plaques.

Però hi ha altres raons que ens porten a estudiar el fons dels oceans, que, a més, tenen importants implicacions per a la societat. Als fons dels oceans s'hi produeixen diversos processos actius, com la deformació tectònica i la sismicitat, el vulcanisme, el flux de masses, i la circulació de fluids, els quals determinen un risc geològic potencial (terratrèmols, tsunamis, esllavissades submarines) en les zones costaneres dels marges continentals. Aquestes són les àrees més poblades del planeta, on viu un 50% de la població mundial. La mitigació dels riscos de la deformació tectònica requereix un coneixement profund de la dinàmica dels marges i conques oceàniques. Una altra raó, aquesta amb implicacions geopolítiques, són els recursos naturals. Les companyies petrolieres porten ja anys extraient el petroli de la plataforma i talús continental, però l'extraordinari avenç en instrumentació marina ha permès a aquestes companyies explorar en conques cada vegada més profundes l'explotació de petroli i altres combustibles fòssils (gas, hidrats de gas) que s'emmagatzemen dins els sediments.

Com que els geòlegs i geofísics marins no podem passejar-nos sobre els afloraments per a treure'n mostres i fer mesures directament sobre el fons (excepte si anem en submergible, és clar), per a poder estudiar





© Sandwell / Smith

Mapa del relleu terrestre. La fisiografia del fons dels oceans és complexa i és formada pels següents elements: els marges continentals, continuació dels continents sota el mar; les dorsals oceàniques, serrallada contínua al mig dels oceans; les fosses oceàniques, a la vora de continents o d'arc d'illes; les cadenes de muntanyes submarines i les planes abissals.



Nòduls d'hidrats de gas entre sediments marins. Els hidrats de gas són substàncies similars al gel, on molècules d'hidrocarburs (principalment metà) queden atrapades en una xarxa de molècules d'aigua. Els hidrats de gas conserven l'estabilitat sota unes condicions de baixa temperatura i elevada pressió, com en els marges continentals. La seva dissociació pot incrementar la inestabilitat dels talussos i generar grans esllavissades submarines.

el fons i subfons marí ha calgut desenvolupar una metodologia molt especialitzada que normalment dirigit des d'un vaixell oceanogràfic. El progrés en les geociències marines està profundament lligat a la innovació tecnològica i als avenços en la instrumentació, amb el desenvolupament de sofisticats sistemes d'exploració geofísica. En aquest article us presentarem quines són les principals eines i tècniques que utilitzem en la recerca en geociències marines, i les seves principals aplicacions. Abans, però, recordarem els fonaments de l'exploració del fons dels oceans.

#### ■ UNA MICA D'HISTÒRIA...

Gairebé tot el que sabem sobre la geologia dels oceans ha estat descobert durant els darrers cinquanta anys, profundament lligat al progrés tecnològic. Els fonaments d'aquesta era d'exploració oceànica varen començar fa més de 150 anys amb les primeres expedicions científiques. Així, durant el viatge del *Beagle* (1831-1836), les observacions de Charles Darwin sobre l'origen de les espècies i la teoria de l'evolució varen definir les bases per a les futures exploracions sobre la història de la Terra. De fet, durant aquell viatge Darwin ja va fer unes primeres especulacions sobre el moviment dels fons marins per explicar l'origen dels atol·lons de corall. El coneixement sobre la batimetria, o topografia del fons dels oceans, començà a mitjan del



© Daniel Desbruyères, IFREMER

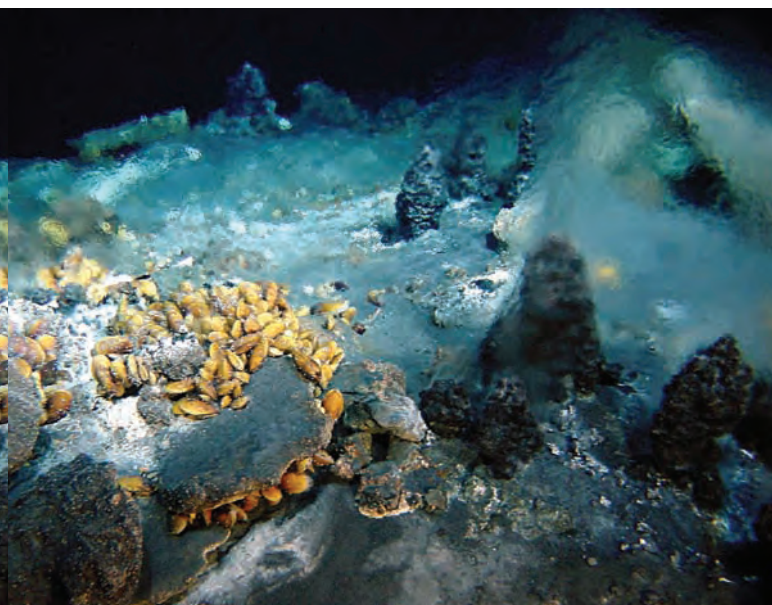




1800, amb els sondeigs profunds, que consistien a mesurar la profunditat a partir del llançament d'un pes lligat a una corda suficientment llarga. D'aquesta manera, en James Ross, durant una expedició a l'Antàrtida amb els vaixells *Erebus* i *Terror*, va descobrir un fons màxim de 4.430 m i va poder descobrir les considerables profunditats de les conques oceàniques. En aquesta època, i empès per les necessitats de la navegació comercial, els sondeigs batimètrics es van fer extensius, i Maury va publicar el primer mapa batimètric de l'Atlàntic Nord entre 10° S i 52° N a partir de tan sols 180 mesures. Aquest mapa va servir de base per instal·lar els primers cables de telègraf transatlàntics.

L'expedició de la Royal Society of London a bord del *Challenger* (1872-1876) amb la finalitat de determinar les condicions del *deep sea* (mar profund) en totes les grans conques oceàniques, va representar un salt significatiu en l'establiment de les bases de la geologia marina. Més de 500 sondeigs batimètrics i 133 dra-

**«ELS FONS OCEÀNICS  
ES CARACTERITZEN PER TENIR  
UNA TOPOGRAFIA MOLT  
MÉS ACUSADA: L'ELEVACIÓ  
MITJANA DELS CONTINENTS  
ÉS DE 850 M MENTRE QUE  
ALS OCEANS ÉS DE 3.800 M»**



Paisatge del fons marí a l'eix de la dorsal Medioatlàntica on esdevenen processos d'activitat hidrotermal d'alta temperatura mantinguts pel refredament de l'escorça oceànica. Ecosistemes extrems quimiocintètics colonitzen les roques al voltant de les fonts hidrotermals. Aquestes emeten fluids de fins a 350° C de temperatura rics en partícules en suspensió de les quals obtenen l'aliment els organismes colonitzadors.

gues varen ser obtingudes en 362 estacions (una cada 200 milles), dades que van aportar les bases del reconeixement dels principals tipus de sediments marins, les seves classificacions i models de distribució al llarg de tots els oceans. El 1912 el meteoròleg alemany Alfred Wegener va promoure la teoria de la deriva continental que, després d'intenses discussions amb altres investigadors de l'època, va caure en desprestigi per culpa de la manca d'informació essencial sobre la geologia i geofísica dels oceans. Un dels majors avenços de l'època d'entreguerres va ser el desenvolupament de l'ecosonda electrònica per mesurar les profunditats oceàniques, mètode que va reemplaçar els sondeigs amb cable, lents i sovint incorrectes. L'any 1931, amb l'expedició del *Meteor*, la cartografia del fons dels oceans fa un pas endavant. A partir de nombrosos perfils d'ecosonda, es va comprovar l'existència d'una cresta tot al llarg de la zona al bell mig de l'oceà Atlàntic, la qual cosa va permetre descobrir la dorsal Medioatlàntica com a part del sistema global de dorsals.

La Segona Guerra Mundial té efectes clau en el desenvolupament de l'oceanografia, i, per tant, de les geociències marines. Així, en relació amb l'armament antisubmarí, la recerca sobre la transmissió del so en l'aigua s'expandeix notablement i s'estableixen les bases per als estudis sísmics dels sediments marins. Cap als anys cinquanta la tècnica de l'ecosonda es refina i és possible de mesurar les profunditats més grans del planeta amb gran precisió, per exemple detectant canvis d'un metre en una fondària de 5.000 m. La cartografia de les conques oceàniques, conjuntament amb la interpretació de les anomalies magnètiques oceàniques, porta al desenvolupament de la teoria de la tectònica de plaques i d'expansió oceànica durant els anys 1960, que marca un abans i un després en la geologia i geofísica marina. El coneixement del fons dels oceans, però, també ha anat lligat a la cursa tecnològica espacial. Diferents satèl·lits (Geosat, ERS1) mesuren detalladament la superfície de l'oceà per proporcionar dades que són directament relacionables amb anomalies gravimètriques (vegeu figura 1). Aquestes dades d'altimetria satèl·litària ens permeten explorar amb una excel·lent resolució grans extensions de conques oceàniques o d'àrees remotes mai cartografiades.



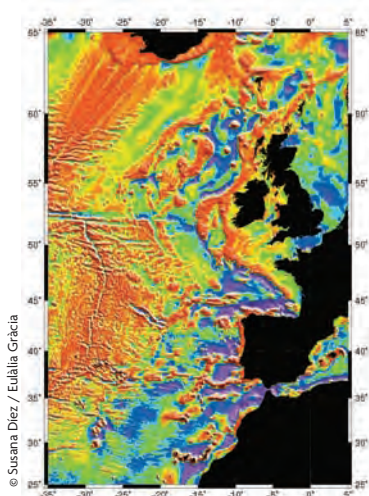


Figura 1 (a l'esquerra). Mapa d'anomalies gravimètriques de la regió de l'Atlàntic Nord extret a partir de les dades del satèl·lit Geosat. S'hi identifica una clara anomalia positiva (en color vermell) al llarg del relleu positiu de la dorsal Medioatlàntica, mentre que les conques i zones deprimides es corresponen amb anomalies negatives (colors blaus i liles).

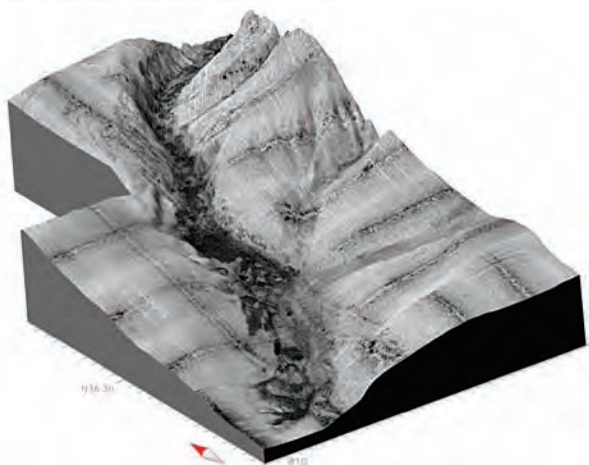
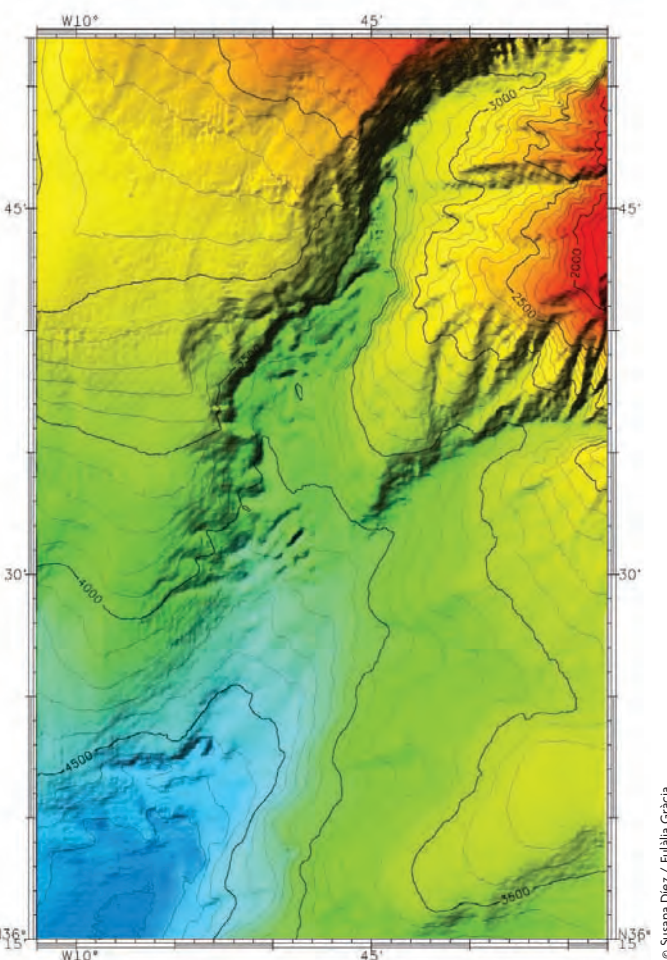


Figura 2: a) A la dreta, mapa batimètric ombrerat del canyó de São Vicente (marge Sud de Portugal) des de la part alta fins a la seva desembocadura a la plana abissal (4.900 m de fondària). Les línies de contorn, o isòbates, es tracen cada 100 metres. Color vermell < 2.000 m; color blau fosc > 4.500 m de profunditat (modificat de Gràcia i altres, 2003). b) A l'esquerra, bloc diagrama on les dades de reflectivitat acústica estan sobreimposades a la topografia. Les tonalitats fosques al fons de canyó corresponen a zones d'elevada reflectivitat (sorres, fragments de roca, etc), mentre que les tonalitats clares als marges del canyó corresponen a zones menys reflectives, de sediment homogeni i fi. Les traces rectilínies corresponen a la trajectòria del vaixell.

## ■ EINES I TÈCNiques ACTUALS D'EXPLORACIÓ EN GEOCIÈNCIES MARINES

Els instruments que normalment utilitzem en les campanyes de geologia i geofísica marines els podem agrupar en dos grans grups: instrumentació acústica i geofísica, i instrumentació per al mostreig i mesures *in situ*. El primer grup comprèn els mètodes indirectes (acústics i geofísics), principalment basats en la propagació i recepció d'ones que es transmeten en la columna d'aigua i en el subsòl.

Un dels sistemes més utilitzats és l'ecosonda multifeix, que ens aporta informació sobre la topografia (o batimetria) del fons marí en metres. Aquest sistema, situat a la quilla del vaixell, es basa en l'emissió d'un pols sonor a una elevada freqüència i la recepció de l'eco per desenes de transductors. L'avantatge de



les sondes multifeix és que permeten cartografiar grans superfícies del fons marí en poc temps, ja que poden “escombrar” àrees d'una amplada fins a set vegades la profunditat d'aigua. Així, si treballem en una zona a 3.000 m de fondària, l'amplada màxima de fons que es cobrirà és de 21 km. De l'eco rebut s'obtenen dos tipus de dades: profunditat i reflectivitat acústica. Aquestes dades ens permeten identificar les principals morfologies i morfoestructures del fons, i determinar el tipus de fons a partir de les imatges acústiques, respectivament (vegeu figura 2).

Un altre sistema que sovint utilitzem és el sonar d'escombratge lateral. Es tracta d'un vehicle remolcat pel vaixell que s'arrossega a prop del fons. El sonar transmet dos amples feixos acústics a ambdós costats del vehicle, perpendiculars a la trajectòria del vaixell. En aquest cas la dada que se n'obté és la reflectivitat



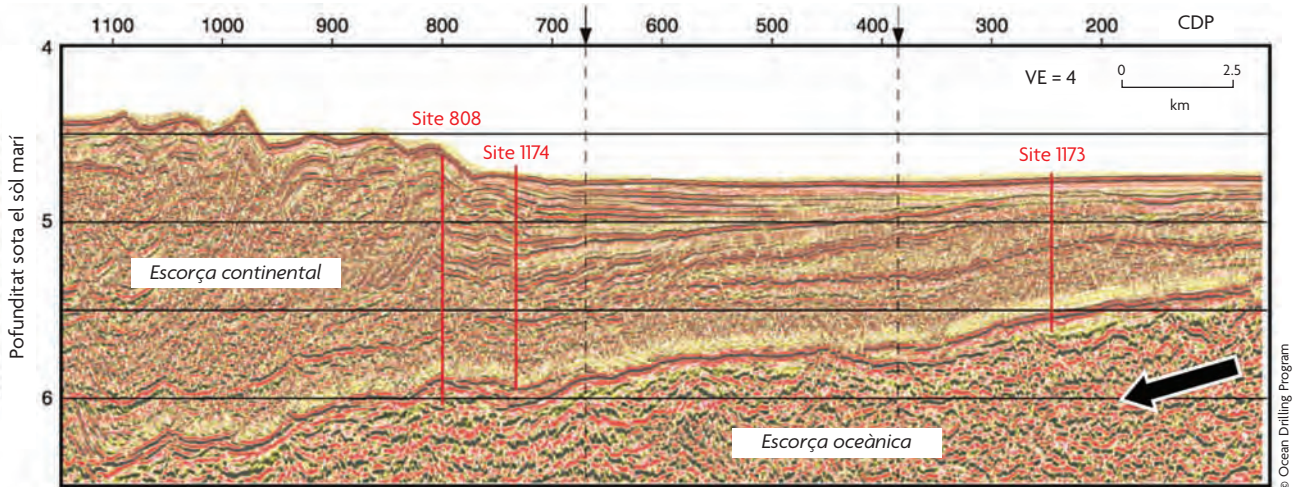
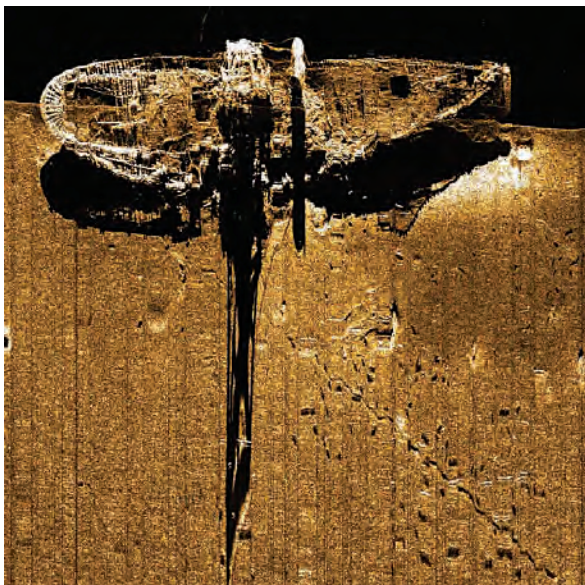


Figura 3. Perfil de sísmica de reflexió multicanal adquirit a través de la zona de subducció de Nankai (Pacífic Nord). Es pot veure clarament com l'escorça oceànica, corresponent a la placa Pacífica, subdueix en el sentit de la fletxa per sota els sediments plegats i fracturats del marge continental de Japó. Les línies verticals vermelles corresponen a les estacions (o sites) perforades durant una campanya de l'Ocean Drilling Program.

**«ELS OBS SÓN DISPOSITIUS QUE,  
COL·LOCATS AL FONS MARÍ,  
ENREGISTREN LES VIBRACIONS DEL SÒL  
GENERADES PER UNA FONT ARTIFICIAL  
O NATURAL (TERRATRÈMOLS)»**



Sonografia del fons marí on podem veure amb gran detall les restes del vaixell de vapor *SS Portland*, de 89 m d'eslora, enfonsat l'any 1898 davant les costes de Boston (EUA). Les àrees reflectives apareixen en blanc, mentre que les ombres acústiques són negres.

acústica en dB (*acoustic backscatter*), la qual depèn de l'angle d'incidència del feix, topografia i tipus de fons. Aquest sistema, com que emet a molt alta freqüència i a prop del fons, permet obtenir imatges acústiques d'una gran nitidesa i alta resolució (fins i tot de pocs centímetres), tot i que l'àrea coberta és molt inferior als sistemes multifeix. Per això utilitzem el sonar lateral en estudis de detall, com per exemple identificar estructures (falles, afloraments rocosos, esllavissades submarines) o objectes difícilment detectables amb altres mètodes acústics.

La sísmica de reflexió és probablement el sistema més utilitzat i eficaç per estudiar el subsòl marí. Aquesta tècnica es basa en la mesura dels temps de propagació d'un front d'ones de mitjana a baixa freqüència, generades artificialment per una font. El senyal és reflectit per les diferents capes del subsòl, caracteritzades per contrastos de velocitat i de densitat, i enregistrat a través un receptor (*streamer*) format per un seguit d'hidròfons que s'arrossegueu darrere el vaixell. El resultat és un perfil del subsòl, des de desenes de metres fins a uns quants quilòmetres de penetració, on podem determinar les unitats estratigràfiques, estructura i geometria de les capes geològiques (vegeu figura 3). En aquesta línia de recerca s'han desenvolupat els OBS (*ocean bottom seismometers*). Es tracta d'uns dispositius que, col·locats al fons marí, enregistren les vibracions del sòl generades per una font artificial o natural (terratrèmols), i per tant és interessant desplegar-los en zones marines amb elevada sismicitat. Un cop acabat el període de mesura, l'OBS rep una ordre acústica des del vaixell per a alliberar-se del fons i pujar a la superfície, on extraurem la informació enregistrada.

La instrumentació de mostreig i mesures del fons ens permet obtenir una informació "directa" del fons marí i determinar-ne la composició i propietats físico-



## L'ACTIVITAT CIENTÍFICA DEL 'BIO HESPÉRIDES' EN GEOCIÈNCIES

El 1988 i coincidint amb l'admissió d'Espanya com a membre consultiu del Tractat Antàrtic, va començar la construcció d'un vaixell d'investigació polar. La principal missió d'aquest vaixell era, en aquells moments, prestar suport a les activitats científiques a l'Antàrtida i al mateix temps permetre l'extensió de la investigació a tots els oceans del món. El vaixell va ser avarat el 1990 com a *Bio Hespérides* i va ser lliurat l'abril de 1991.

Actualment, la investigació que es realitza a bord del *Bio Hespérides* està fonamentalment dirigida i finançada pel Pla Nacional d'R+D+I i la responsabilitat de la gestió científica del vaixell com a gran instal·lació recau en el Ministeri d'Educació i Ciència (MEC), mitjançant la Comissió de Coordinació i Seguiment de les Activitats de Naus Oceanogràfiques (CCSABO). La Unitat de Tecnologia Marina (UTM) del CSIC és la responsable del manteniment de l'equipament científic del vaixell i aporta el personal tècnic de suport per a la realització de les campanyes oceanogràfiques.

El *Bio Hespérides* és un vaixell interdisciplinari, i per tant està dotat d'un equipament oceanogràfic molt variat al qual constantment s'incorporen els darrers avenços tecnològics. En l'àmbit d'estudi de les geociències marines, el vaixell disposa d'instrumentació acústica que inclou les ecosondes multifeix d'alta resolució per a aigües someres i per a grans fondàries. L'equipament sísmic inclou tant el de reflexió (perfilador de fons marins i sísmica de reflexió multicanal) com el de refracció (sísmòmetres oceànics). També disposa de gravímetre marí i magnetòmetre de protons. Per mesurar

les propietats físiques del fons marí i prendre mostres disposa de la sonda de flux de calor, dragues de roca i mostrejadors de sediment.

En els seus gairebé quinze anys d'existència el *Bio Hespérides* ha realitzat més de cent campanyes d'investigació amb les quals ha recorregut més de 300.000 milles nàutiques i ha acollit més d'un miler d'investigadors i tècnics nacionals i estrangers. Gairebé un 40% d'aquestes campanyes s'engloben en l'àmbit de la investigació de geociències marines i es troben repartides en diferents zones d'estudi. Així, el 35% de les campanyes s'ha dut a terme a l'Antàrtida i el 65% restant en aigües no antàrtiques, principalment a l'oceà Atlàntic però també al mar Mediterrani i l'oceà Pacífic. Els nombrosos projectes que s'hi han realitzat abasten un ventall molt divers, des dels mecanismes de funcionament de volcans submarins a l'arxipèlag de les Canàries i a l'illa Decepció (Antàrtida), passant pel coneixement de generació de nova escorça oceànica al Pacífic i l'Atlàntic, la detecció de zones sísmogèniques potencialment generadores de terratrèmols i tsunamis al marge sud de la Península Ibèrica (Almeria i golf de Cadis) i a costes orientals de Mèxic i Xile; també l'avaluació de riscos geoambientals a la zona d'enfonsament del petrolier *Prestige*, i l'estudi de l'evolució sedimentària i geodinàmica dels marges antàrtics. A més, l'Institut Hidrogràfic de la Marina i l'Institut Espanyol d'Oceanografia duen a terme projectes de cartografia sistemàtica de la Zona Econòmica Exclusiva Espanyola (ZEEE).

E. G. / S. D.

A sota, d'esquerra a dreta: enfilada de canons d'aire comprimit per als estudis de sísmica que s'efectuen en el *Bio Hespérides*. Els canons generen un pols acústic de gran energia que es propaga en la columna d'aigua i capes del subsòl. Conjunt d'hidròfons, coneguts com a *streamer*, a la coberta del *Bio Hespérides*. Maniobra de recollida d'un OBS (*ocean bottom seismometers*) desenvolupat per la Unitat de Tecnologia Marina. Operació de llançament del sonar d'escombratge lateral d'alta resolució TOBI del Southampton Oceanography Centre (Regne Unit) des de la popa del *Bio Hespérides* (campanya HITS 2001).



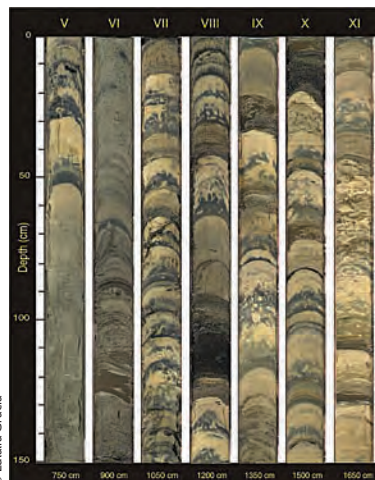
© Fotografies d'aquesta pàgina: Unitat de Tecnologia Marina - CSIC





© Eulàlia Gràcia

Operació de llançament d'un mostrejador de pistó (*piston corer*) des de la borda del RV *Roger Revelle* (EUA) per a mostreig de sediment. En primer terme, petit mostrejador de gravetat (*trigger corer*), el qual, un cop arriba al fons, desencadena la caiguda lliure del sistema de pistó, en segon terme.



© Eulàlia Gràcia

Seccions d'un testimoni de sediment extret del marge sud de Portugal. Els nivells més foscos corresponen a nivells terrígens sorrencs (turbidites) dipositats per corrents de terbolesa. Els nivells clars corresponen a sediments de gra fi (llims i argiles) dipositats per sedimentació hemipelàgica. En aquest cas, la presència de nivells turbidítics està principalment associada a l'elevada activitat sísmica de la zona, generadora d'inestabilitat del fons.



© Eulàlia Gràcia

El vaixell insígnia de la perforació oceànica profunda: *RV Joides Resolution*. El vaixell, que té 143 m d'eslora i un desplaçament total d'unes 17.000 tones, està dedicat a la recerca científica des de 1983.

químiques. Les mostres geològiques del fons poden obtenir-se mitjançant una àmplia gamma d'instruments, des dels sistemes més senzills –dragues de roca i “culleres” (*grabs*) per a realitzar una ràpida verificació del tipus de fons–, fins als més complexos testificadors de sediment. Aquests últims ens permeten obtenir un registre de sediment continu (fins a 50 m de longitud) que permet estudiar la història geològica i paleoclimàtica recent.

En l'avenç per l'exploració sobre la història i estructura terrestre destaquem el programa internacional de perforació oceànica científica IODP (Integrated Ocean Drilling Program, 2003-2013). Aquest programa, juntament amb els seus antecessors –Deep Sea Drilling Project (DSDP, 1968-1983) i Ocean Drilling Program (ODP, 1983-2003)– han revolucionat la nostra visió de la història de la Terra i dels processos globals, a partir de la informació enregistrada en els sediments i roques dels fons oceànics. Els programes es basen en la utilització d'un vaixell perforador, com els que utilitzen les companyies petrolieres, per resoldre determinats problemes científics, sempre amb un enfocament multidisciplinar (sedimentologia, tectònica, geoquímica, geofísica, microbiologia). El programa IODP (del qual Espanya és membre dins d'un consorci europeu), amb el seu vaixell *Joides Resolution*, disposa de sofisticats sistemes de mostreig i de mesura i aplica tecnologies molt especialitzades

de perforació. D'aquesta manera, s'han arribat a obtenir sondeigs d'uns quants quilòmetres de profunditat simultàniament a mesures geofísiques de les formacions sedimentàries.

#### ■ EL FUTUR JA ÉS AQUÍ: VEHICLES I OBSERVATORIS OCEÀNICS

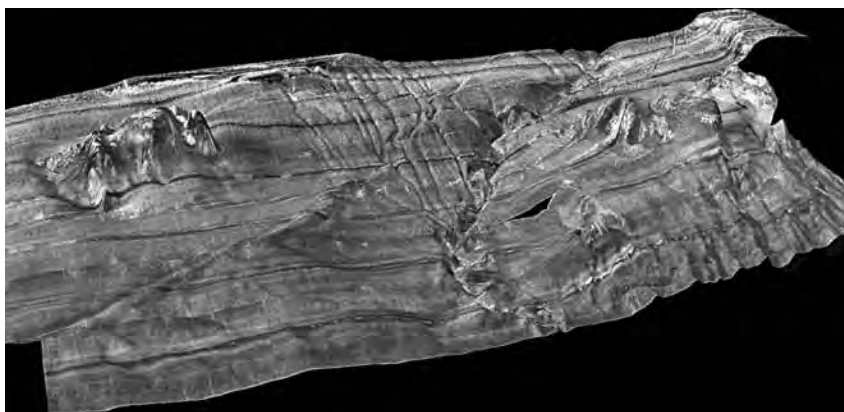
Aquesta és, sens dubte, la instrumentació de més actualitat i futur. Els vehicles submarins poden ser no-tripulats, i aleshores s'anomenen UUV (*unmanned underwater vehicles*), els quals inclouen els ROV (*remotely operated vehicles*), o tripulats i autònoms, com els submergibles científics amb capacitat per a tres persones com a molt. Tots ells tenen en comú que permeten explorar directament el fons oceànic (fins a 6.000 m de profunditat) i manipular amb gran precisió per efectuar-ne mesures o prendre'n mostres. En l'actualitat, per realitzar prospeccions sistemàtiques del fons durant uns quants dies, s'utilitzen cada cop més els AUV (*autonomous underwater vehicles*), els quals poden arribar a transmetre les dades en temps real al laboratori. El futur proper també passa pel desenvolupament d'observatoris oceànics. Es tracta del fondeig de sistemes de sensors durant un llarg període de temps (més d'any) per a la vigilància i monitorització de paràmetres fisicoquímics en temps real, amb aplicacions per a sismicitat, vulcanisme, hidrotermalisme, etc.





© Eulàlia Gràcia

Vista frontal del submergible científic francès *Nautilie* de l'IFREMER. Aquest vehicle, amb capacitat d'immersió fins a 6.000 m de profunditat, transporta dos pilots i un observador científic. El *Nautilie* està equipat amb càmeres fotogràfiques i de vídeo, dos braços amb pinces per fer mostreig de fluids, roques, fauna bènctica i panera per dipositar-hi les mostres extretes.



© Susana Díez / Eulàlia Gràcia

Figura 4. Mosaic de reflectivitat acústica obtingut amb el sonar lateral TOBI en el marge d'Almeria (mar d'Alborà) durant la campanya HITS 2001. Les línies fosques regularment espaiades corresponen a la trajectòria del vehicle. L'amplada de cada una de les passades és de 6 km. El nord és a la part superior de la imatge. Identifiquem una alineació de direcció NW-SE corresponent a la falla de Carboneras, amb expressió superficial i que desvia el curs dels canals tributaris del canyó d'Almeria.

#### ■ ALGUNES APLICACIONS EN RECERCA CIENTÍFICA

El nou repte de la recerca en geociències marines consisteix a adaptar-se a les tendències més actuals de les ciències de la terra. Aquestes tendències es fonamenten en estudis integrats i multidisciplinaris (amb particular interès en els estudis d'alta resolució), dirigits a buscar una major implicació de la investigació científica amb les necessitats de la societat, i enfocats cap a un desenvolupament sostenible dels recursos naturals.

El fons marí és un domini actiu on interactuen diferents processos. Per exemple, en les dorsals mediooceàniques els processos d'acreció oceànica (tectònics, magmàtics i hidrotermals) que s'hi esdevenen estableixen l'hàbitat per a ecosistemes extrems. Una recerca aprofundida de les dorsals mediooceàniques és essencial per a comprendre millor la gènesi de nova escorça oceànica, així com la segmentació axial i la morfoestructura de les dorsals. En els marges continentals, estudis detallats han permès identificar sistemes deposicionals submarins i reservoris d'hidrocarburs, així com el descobriment dels anomenats "volcans de fang", àrees d'escapament de fluids, i dels hidrats de gas.

La cartografia i estudi de les falles actives en els marges continentals i estructures associades, com les esllavissades submarines, té clares implicacions en la mitigació dels riscos geològics en el marge sud d'Ibèria, que comprèn l'actual frontera convergent entre les

plaques d'Euràsia i Àfrica. Les falles submarines, com la falla de Carboneras al mar d'Alborà (vegeu figura 4), representen un risc per a les àrees costaneres veïnes, ja que fenòmens d'elevada magnitud i altament destructius s'hi han esdevingut en temps recents, com el terratrèmol i tsunami d'Almeria de 1522 o el de Lisboa de 1755. Seguint aquest mateix tipus d'aproximació, s'estan practicant estudis geofísics marins d'alta resolució al llarg de la fossa de Sumatra (Indonèsia) per explorar la zona de ruptura i possibles esllavissades associades al terratrèmol del desembre de 2004 de magnitud 9,3, amb el conseqüent tsunami d'efectes devastadors. ⊕

#### BIBLIOGRAFIA

- AUGUSTIN, J. M. i altres (1996): "Contribution of the multibeam acoustic imagery to the exploration of the sea-bottom", *Mar. Geophys. Res.*, 18, 459-486.
- BLONDEL, Ph.; B. J. MURTON (1997): *Handbook of Seafloor Sonar Imagery* Chichester (Regne Unit), Praxis-Wiley and Sons, 314 pp.
- GRÀCIA, E.; J. J. DAÑOBEITIA; J. VERGÉS; EQUIP PARSIFAL (2003): "Mapping active faults offshore Portugal (38° N-36° N): Implications for seismic hazard assessment along the southwest Iberian margin", *Geology*, 31, 83-86.
- KENNET, J. (1982): *Marine Geology*, Englewood Hills (Nova Jersey), Prentice-Hall, 813 pp.
- NeMO (New Millenium Observatory) (2005): "A seafloor observatory at an active underwater volcano". <<http://www.pmel.noaa.gov/vents/nemo/index.html>>
- SANDWELL, D.T.; W. H. F. SMITH (1997): "Gravity anomaly from Geosat and ERS1 satellite altimetry", *J. Geophys. Res.*, 102, 10039-10054.
- TRÉHU, A. M. i altres (2004): "Three-dimensional distribution of gas hydrate beneath southern Hydrate Ridge: Constraints from ODP Leg 204", *Earth Planet. Sci. Lett.*, 222, 845-662.

Eulàlia Gràcia i Susana Díez. Unitat de Tecnologia Marina, Centre Mediterrani d'Investigacions Marines i Ambientals - CSIC (Barcelona).



# RESERVES MARINES

## SOLUCIÓ REAL O MEDIÀTICA?

José Luis Sánchez Lizaso

*MARINE RESERVES, A REAL SOLUTION OR ONE POPULARISED BY THE MEDIA? OVER-FISHING WORLD-WIDE UNDOUBTEDLY POSES THE WORST THREAT TO OUR SEAS AND OCEANS. THE RATE AT WHICH FISHING RESERVES ARE BEING EXPLOITED HAS REACHED A LIMIT WHERE IT SEEMS IMPOSSIBLE TO APPLY EFFECTIVE SUSTAINABLE MEASURES, WITH A VIEW TO PRESERVING MARINE BIODIVERSITY FOR FUTURE GENERATIONS. IN THE FACE OF THIS EXTREME SITUATION, THE CREATION OF SHELTERS IN THE FORM OF MARINE RESERVES, PROTECTED FROM FISHING, HAS PROVEN TO BE THE MOST WIDESPREAD SOLUTION, ALTHOUGH SUCH MEASURES ARE ATTRIBUTED AN EFFECTIVENESS THAT DOES NOT APPEAR TO BE AS SCIENTIFICALLY PROVEN AS POPULARITY WOULD HAVE IT.*

### ■ CERCANT UN MODEL DE GESTIÓ

D'acord amb les dades que aporta el Departament de Pesca de la FAO en el seu informe "L'estat mundial de la pesca i l'aqüicultura" (SOFIA) per al 2004, la major part dels recursos pesquers mundials es troben sobreexplotats o plenament explotats. Aquest informe, publicat cada dos anys i considerat el principal document per a proporcionar als responsables polítics i a la societat civil un panorama general i de futur, ja adverteix que, durant els pròxims quinze anys, no sembla que la situació haja de millorar. De la mateixa manera, la Direcció General de Pesca i Afers Marítims de la Comissió Europea ha admès que el seu POP IV (quart programa d'orientació plurianual per a modificar la capacitat de la flota pesquera dels estats membres a fi d'ajustar l'esforç pesquer al volum dels recursos disponibles), ha resultat insuficient per a corregir el problema de l'excés de la capacitat pesquera.

Vist el fracàs d'aquest protocol, va quedar patent en el si de la Unió Europea que qualsevol mesura havia de passar per l'augment de la coherència de la política comuna en matèria de pesca, altrament difícilment podria aconseguir-se cap objectiu ambiental.

Enfront d'aquesta situació,

són nombrosos els autors que afirmen obertament que la gestió tradicional de pesqueries està fracassant i resulta necessari un nou enfocament; un nou model de gestió que permeta remuntar els crítics nivells de potencial reproductiu que presenten en l'actualitat la major part de les pesqueries. Només en aigües europees, es van comptabilitzar el 2003 prop d'onze milions de tones de captures, una xifra tan extraordinària que fins i tot el més profà és conscient del paper socioeconòmic que aquest sector representa en l'entramat social. És interessant tenir açò molt present a l'hora d'abordar la problemàtica de la sobreexplotació i les mesures adoptades per controlar-la, ja que dona una idea prou precisa de les pressions a què es pot veure sotmesa qualsevol proposta que se n'isca de la línia tradicional, amb el risc de provocar efectes no desitjats

com a resultat de canvis dràstics en la política de la gestió pesquera.

Aquesta nova perspectiva, tot i que encara no compta amb un consens general a l'hora d'interpretar-la, sembla coincidir en el compliment de determinades premisses, com ara l'aplicació del principi de precaució. Segons aquest principi, resulta primordial demostrar que l'explotació d'un determinat recurs és sostenible a llarg

**«RESULTA PRIMORDIAL  
DEMOSTRAR QUE L'EXPLOTACIÓ  
D'UN DETERMINAT RECURS ÉS  
SOSTENIBLE A LLARG TERMINI  
TANT PER A LES SEUES  
POBLACIONS COM PER  
A L'ESTAT DE L'ECOSISTEMA,  
ABANS DE COMENÇAR  
A EXPLOTAR-LO O CONTINUAR  
FENT-HO»**





termini tant per a les seues poblacions com per a l'estat de l'ecosistema, abans de començar a explotar-lo o continuar fent-ho. I per això resulta condició indispensable millorar la informació científica sobre la dinàmica i sostenibilitat d'aquests recursos. Aquest plantejament sembla lògic; salvant les distàncies, a ningú se li haguera acudit proposar un viatge d'anada a la Lluna sense solucionar prèviament com organitzar-ne la tornada, encara que, en el cas dels recursos marins, aquest sembla més aviat un viatge sense retorn.

Amb aquesta nova perspectiva, es fomenta l'exigència de comptar amb una visió global de l'aspecte biològic dels recursos, així com del seu hàbitat i distribució. Segons aquestes premisses, la gestió ha de tenir caràcter multiespecífic, que no considere les espècies a explotar com un fet aïllat en la cadena tròfica, sinó com una peça més d'un complex ecosistema. La gestió de les poblacions passa d'aquesta manera a un pla superior, el de la gestió d'ecosistemes, la qual cosa implica un estudi més laboriós però també més integral d'aquesta problemàtica, al costat d'unes majors implicacions socials.

Una de les vies d'acció possibles s'aborda establint àrees protegides de la pesca que o bé exclouen totalment aquesta pràctica o bé la restringesquen a les arts tradicionals de la zona. La creació de reserves és una mesura molt en voga actualment, encara que més per l'impacte mediàtic i la controvèrsia que s'hi sol associar que per la profusió d'aquests espais, ja que no constitueixen una invenció del nostre temps. En el segle VII es constata el naixement d'una de les reserves europees més antigues: la reserva de les illes Farne, en la costa de Northumberland, al nord d'Anglaterra, amb motiu del retir espiritual de Sant Cutbert i la seua demanda de respecte per a ell i per als animals amb què compartia el seu ascetisme.

Altres espais litorals preservats des d'antany poden trobar-se en la costa nord-est de Natal (Sud-àfrica), amb la reserva del llac i estuari de Sainte Lucia, creada el 1897, o els aiguamolls de Naardermeer, pròxims a Amsterdam, protegits des del 1904 per iniciativa d'una societat conservacionista preocupada per l'amenaça que acabaren convertits en un abocador. Com a exemple de l'acceptació comuna d'aquest tipus de mesures, valga recordar que la mateixa UNESCO, a

través del seu programa Man and Biosphere (MAB), es va comprometre l'any 1970 a crear una xarxa de reserves de la biosfera que foren representatives dels ecosistemes del món, entre els quals, per descomptat, s'inclouen els marins. El nombre de reserves creades fins avui és de 459, distribuïdes en 97 països, de les quals prop d'un centenar afecten espais litorals i marins.

Davant aquestes xifres podríem pensar que s'ha trobat la fórmula ideal per a preservar els ecosistemes marins, i amb ells els recursos pesquers, i que per tant ja només és qüestió de decidir els llocs i el moment adequat per declarar-los protegits. Però si fóra així, per què als fòrums pesquers internacionals es planteja amb insistència la pregunta de si són efectives o no les reserves per a la gestió de pesqueres? La resposta és òbvia: perquè no és un fet científicament demostrat.

#### ■ LA GESTIÓ ESPACIAL DELS RECURSOS

És cert que ja hi ha en el món unes quantes reserves que han permès acumular un volum considerable d'evidències sobre el compliment o no de les prediccions teòriques, i fins i tot dins de la mateixa UE hi ha diversos projectes d'investigació en curs en aquesta mateixa línia. Però a pesar de les certeses sobre l'efecte positiu de les reserves, la complexitat en l'anàlisi del

comportament de les poblacions dels organismes marins respecte a la seua dispersió i reproducció no ha permès fins al moment elaborar conclusions de suficiència contrastada sobre l'eficàcia de la protecció.

La gestió espacial aplicada en una reserva actua mitjançant la regularització de la pesca per usos i restriccions. D'aquesta manera, depenent del tipus de figura de protecció sota la qual s'empara, dins de l'àmbit de l'àrea protegida hi ha zones de veda total a la pesca. Lliures d'aquesta pressió per predació, les poblacions pateixen menor mortalitat i la supervivència és major. Per tant, resulta lògic pensar que es produeix un augment demogràfic del nombre d'individus d'aquesta espècie, principalment els de major edat. Com que l'estructura demogràfica es reconstitueix, augmenta el potencial reproductiu, ja que la fecunditat d'aquests individus de major edat és molt més alta que la dels juvenils, que pot arribar a ser nul·la.

**«PER QUÈ ALS FÒRMS  
PESQUERS INTERNACIONALS ES  
PLANTEJA AMB INSISTÈNCIA LA  
PREGUNTA DE SI SÓN EFECTIVES  
O NO LES RESERVES PER  
A LA GESTIÓ DE PESQUERES?»**



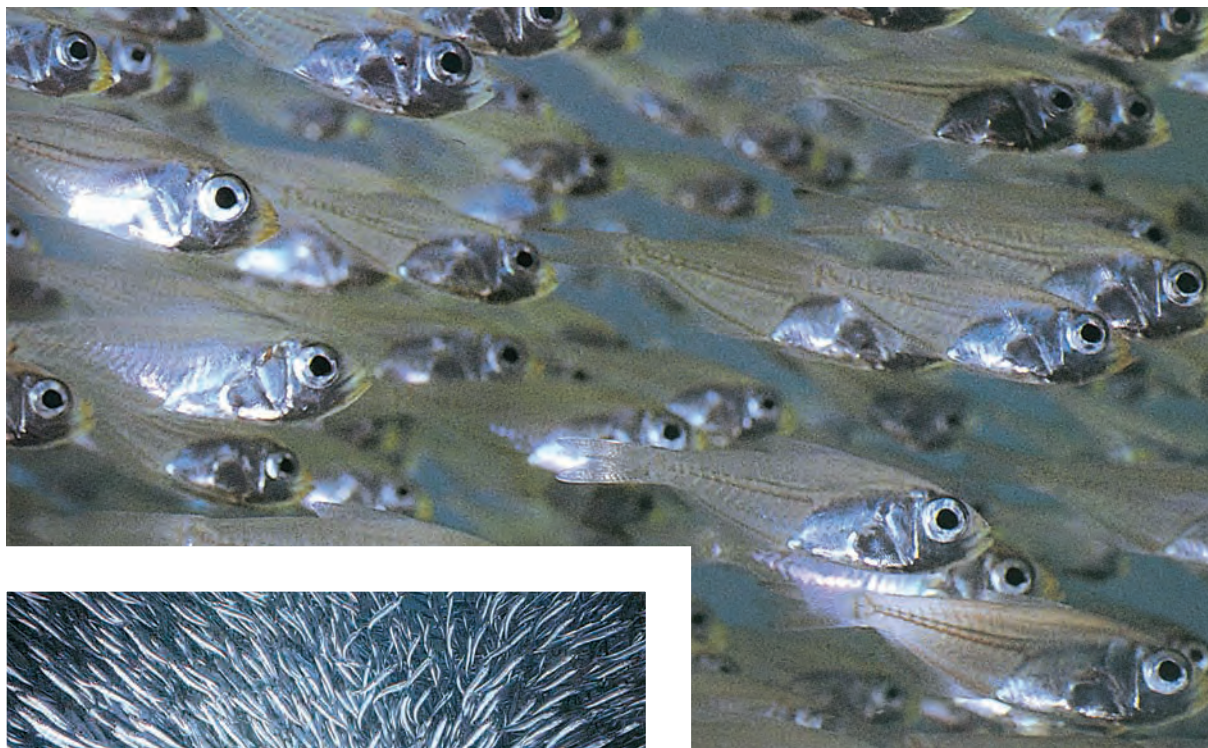
Els beneficis per a la gestió pesquera provenen de la major capacitat reproductiva de la població, que pot mantenir o augmentar el reclutament (incorporació de juvenils a la reproducció) d'individus joves tant en la franja de protecció integral de la reserva com en les zones de prereserva, o en les zones obertes a la pesca. A més, d'aquesta manera es pot produir també l'exportació d'individus adults que ixen de la reserva a causa de moviments aleatoris o densodependents i que són pescats en àrees pròximes a la protegida. Com a dada anecdòtica en aquest sentit podríem citar la captura d'una llagosta de dotze quilos de pes que va ser recentment pescada en les proximitats de la reserva marina de les illes Columbretes, a Castelló.

Però, anècdotes a banda, per a poder inferir si més no els efectes de l'establiment d'una reserva sobre l'estat i evolució de les espècies marines que hi habiten, el mínim exigible és que tinga una vigilància efectiva. Pot resultar absurd, però no per això és menys cert que hi ha reserves (i algunes fins i tot d'àmbit mundial) sense cap vigilància o amb una que no resulta efectiva per l'escassetat de mitjans de què

disposa. Se les ha batejat irònicament amb l'intuïtiu apel·latiu de *paper parks*, perquè funcionen en tots els àmbits com a reserves "vertaderes" (sobretot en el mediàtic) però no es diferencien de les àrees silvestres circumdants més que en el folklore mediambiental amb què s'adornen (un altre cas destacable podria ser el de les reserves "estacionals", com passava amb l'esmentada reserva dels Columbrets, que al començament disposava de guarderia efectiva només durant els mesos d'estiu, per a gaudi de pescadors furtius durant el període hivernal).

Amb l'absència de vigilància s'incompleteixen les restriccions a la pesca, de manera que no haurien de ser considerades àrees protegides, encara que sovint apareguen en les llistes específiques d'aquests espais. Afortunadament, cada vegada hi ha més àrees marines que funcionen adequadament, amb una zonació per usos, en què les zones tancades a tot tipus de pesca representen una part petita de la superfície protegida.

Una altra dada significativa per a la comprensió de la importància i efecte de les reserves en la protecció



Els beneficis de les reserves per a la gestió pesquera provenen de la major capacitat reproductiva de la població en aquests espais, que pot mantenir o augmentar el reclutament (incorporació de juvenils a la reproducció) d'individus joves tant en la franja de protecció integral de la reserva com a les zones de prereserva, o a les zones obertes a la pesca. A l'esquerra una mola d'anxoves i dalt, una de perques.

dels recursos és el desequilibri que presenta la distribució de zones protegides; majoritàriament s'han protegit zones rocalloses i esculls costaners i a penes hi ha zones de profunditat o fons arenosos protegits. De fet, zones en què fins fa pocs anys no es podia pescar per impossibilitat del desenvolupament tecnològic adequat i constituïen reserves de *facto* (zones rocoses de profunditat, per exemple) cada vegada són més accessibles als nous sistemes de pesca. Aquest és sens dubte un altre dels (de)efectes del sentit marcadament mediàtic de la declaració d'espais protegits, que a vegades es realitza com a mesura populista sense una planificació adequada per mantenir-la i gestionar-la.

Per tot això, estem molt lluny de tenir protegit de manera efectiva el 10% de tots els ambients marins i el 20% de les àrees de distribució de les espècies explotades, que són els percentatges més àmpliament acceptats com a necessaris perquè les mesures protectionistes resulten eficaces (per a espècies de gran mobilitat es parla fins i tot del 50% del seu rang de distribució).

#### ■ EVIDÈNCIES CONTRASTADES

El primer objectiu de tancar a la pesca una zona és que augmente la supervivència de les poblacions sotmeses a explotació. Això provocarà l'augment de la talla i l'edat mitjana de la biomassa i del potencial reproductiu. En general aquest efecte s'ha demostrat en la major part dels casos. Les excepcions es refereixen bé a espècies d'alta mobilitat en relació amb l'extensió de la reserva, que "se n'ixen" fàcilment, i per tant no presenten una reducció significativa de la mortalitat per pesca; bé a espècies sense interès comercial no sotmeses a mortalitat per pesca, o bé a espècies amb altes taxes de mortalitat natural (per exemple individus de dimensió reduïda que poden ser vulnerables a la predació d'individus més grans, que ara augmentarien en nombre).

Un cas particular és l'establiment de reserves en zones de *hatchery* o *nursery*, és a dir, llocs de fresa i cria de juvenils. En aquestes circumstàncies, és molt possible que algunes espècies freqüentem l'àrea únicament durant aquests períodes i que després, a partir d'una certa edat, els juvenils abandonen la reserva. En aquest cas, doncs, no augmentaran l'abundància d'a-

dults al seu interior ni el potencial reproductiu de la població. A pesar d'això, pot ser una mesura de gestió pesquera interessant actuar sobre la reducció de la mortalitat dels juvenils.

Podria apuntar-se que la millor evidència de la capacitat exportadora de les reserves és la freqüent concentració de vaixells que ixen a "pescar la ratlla", (pescar just als límits de la reserva), ja que aquí obtenen millors captures (tant en termes d'augment de la captura per unitat d'esforç com la captura de grans individus). No obstant això, en la major part dels casos aquestes evidències no estan prou contrastades, ja siga per la gran variabilitat de les dades de pesca, per la diversitat biològica de les espècies d'interès, per les distintes extensions de les reserves o simplement pel peculiar secretisme i tractament que de la informació fan els pescadors.

#### ■ LA PARADOXA DELS PARES I ELS FILLS

Malgrat la controvèrsia, sembla clar que el major benefici esperable de les reserves consisteix a assegurar el manteniment de les poblacions sotmeses a explotació perquè garanteixen un nombre suficient de reproductors que assegurin la incorporació de nous exemplars (reclutes). És aquí, però, on la particular biologia dels mars afegeix un nou factor de més incertesa encara.

La major part de les poblacions marines comercials gaudeixen d'una altíssima fecunditat, un desenvolupament indirecte mitjançant fases larvàries, que són a més desplaçades arbitràriament pels corrents i taxes de mortalitat altíssimes. Així doncs, podem imaginar que influeix més en el desenvolupament de la població qualsevol anomalia oceanogràfica que afecte la supervivència de les larves que el nombre d'ous produïts per any, encara que aquests teòricament augmenten si augmenta el gruix de reproductors gràcies a la protecció que brinda la reserva. Per sorprendre que sembla, per a la major part de poblacions marines no hi ha una relació clara entre el nombre de pares i el de fills produïts.

Actualment es fan esforços per intentar conèixer el destí dels ous i larves produïts a les zones de reserva, una tasca que no resulta gens fàcil amb les eines de

**«HI HA RESERVES (I ALGUNES FINS I TOT D'ÀMBIT MUNDIAL) SENSE CAP VIGILÀNCIA O AMB UNA QUE NO RESULTA EFECTIVA PER L'ESCASSETAT DE MITJANS DE QUÈ DISPOSEN. SE LES HA BATEJAT IRÒNICAMENT AMB L'INTUÏTIU APEL·LATIU DE "PAPER PARKS"»**



què disposem. Però arribats a aquest punt cal plantejar-se si és això realment necessari per a justificar la creació de reserves.

Que no haja pogut demostrar-se per a la major part de les espècies una relació clara entre el nombre de pares i el nombre de fills no impedeix que com a mesura de gestió pesquera tradicional s'intente evitar que el nombre de reproductors es redueca per sota de nivells crítics. Si d'alguna cosa tenim completa i dramàtica certesa és que, sobrepassats els límits, hi ha un risc molt elevat que es produeca un col·lapse de la pesquera de greus conseqüències.

La societat ha d'exigir garanties de l'efectiu funcionament de les reserves, i ser crítica amb el seu disseny i gestió, a fi que aconseguen els objectius fixats des del punt de vista ambiental i pesquer. No obstant això, davant la incertesa regnant en aquesta matèria, tal vegada siga oportú apostar per models com el de la gestió espacial, que, en vista de la falta de dades concloents aconsella la cautela. El "Codi de conducta per a la pesca responsable" de la FAO estableix que s'ha de gestionar amb la millor evidència científica disponible, i per això han de fomentar-se els suports institucionals adequats. Perquè crear refugis marins és una miqueta més que un suposat èxit polític o social, és, avui per avui, la nostra única garantia de continuïtat. ☺

#### BIBLIOGRAFIA

- BADALAMENTIL, F. A. i altres (2000): "The need to consider cultural and socio-economic factors in establishing Mediterranean marine reserves", *Environmental conservation*, 27(2): 110-125.
- BOHNSACK, J. A. (1996): "Maintenance and recovery of reef fishery productivity", dins POLUNIN, N. V. C.; C. M. ROBERTS (eds.): *Reef fisheries*, Londres, Chapman & Hall: 283-313.
- CARR, M. H.; D. C. REED (1993): "Conceptual issues relevant to marine harvest refuges: examples from temperate fish", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 2019-2028.
- RAMOS ESPLÀ, A. A.; S. McNEIL (1994): "The status of Marine Conservation in Spain", *Ocean. Coast. Manag.*, 24: 125-138.
- RAMOS, A. A.; C. VALLE PÉREZ; J. T. BAYLLE SEMPÈRE; J. L. SÁNCHEZ-LIZASO (2004): *Áreas marinas protegidas como herramientas de gestión pesquera en el Mediterráneo (área COPEMED)*, FAO-COPEMED, 157 pp.
- ROWLEY, R. J. (1994): "Case studies and reviews. Marine reserves in fisheries management. Aquatic Conservation", *Marine and Freshwater ecosystems*, 4: 233-254.
- RUSS, G. R.; A. C. ALCALÁ (1996a): "Marine Reserves: Rates and patterns of recovery and decline of large predatory fish", *Ecological Applications* 6(3): 947-961.
- RUSS, G. R.; A. C. ALCALÁ (1996b): "Do marine reserves export adult biomass? Evidence from Apo Island, central Philippines", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 132: 1-9
- SÁNCHEZ LIZASO, J. L. i altres (2000): "Density dependence in marine protected populations: A review", *Environmental Conservation*, 27: 144-158.

**José Luis Sánchez Lizaso.** Dept. de Ciències del Mar i Biologia Aplicada, Universitat d'Alacant.

**sense *f* fronteres**

Jesús Navarro  
**Somnis de ciència**  
Un viatge al centre del món

Adolf Tobeña  
**Màrtirs mortífers**  
Un itinerari pel cervell dels suicides escabits

Ariene Judith Klotzko  
**Vols clonar-te?**  
Comença l'època de l'ètica i l'ètica

Sydney Brenner  
**Viure per a la ciència**  
Les aportacions d'un biòleg extraordinari, premi Nobel 2002

**El segle de l'ecologia**  
Jaundomènec Rus  
Els problemes del medi ambient (i algunes solucions)

**Arbres en les estrelles**  
Philippe Chomaz  
Els orígens còsmics de la matèria

PUBLICACIONS DE LA  
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA  
[www.bromera.com](http://www.bromera.com)  
edicions  
**bromera**

ESTIMAR LA MAR  
MONOGRÀFIC



Dofí mular. La població actual del Mediterrani s'acosta als 500 exemplars.



# LA CONSERVACIÓ DELS CETACIS DEL NOSTRE MEDITERRANI

Juan Antonio Raga

*CETACEAN CONSERVATION IN OUR MEDITERRANEAN SEA. TO PROTECT THESE CHARISMATIC SPECIES ALSO INVOLVES THE PROTECTION OF THEIR HABITATS. THE BOTTLE-NOSE DOLPHIN (TURSIOPS TRUNCATUS), ONE OF THE MOST IMPORTANT SPECIES TO BE FOUND IN THE VALENCIA LAND, CURRENTLY HAS A POPULATION OF NEARLY 500 INDIVIDUALS. THE PROBLEM IS THAT THIS SPECIES FEEDS ON COMMERCIALLY VALUABLE FISH, WHAT'S MORE, APART FROM THE FISHING ISSUE, BOTH ACOUSTIC AND CHEMICAL POLLUTION THREATEN THE DIFFERENT CETACEAN POPULATIONS. THE CREATION OF AREAS OF INTEREST FOR THE CONSERVATION OF THESE SPECIES, NOT ONLY FAVOURS THEIR STUDY BUT IS ALSO COMPATIBLE WITH MANY DIFFERENT HUMAN ACTIVITIES.*

En els últims temps apareixen en els mitjans de comunicació gran quantitat de notícies que ens inviten a reflexionar sobre els ja apressants problemes ambientals del planeta. L'espècie humana s'enfronta avui a la necessitat de controlar la seua demografia i de canviar l'actual model econòmic de creixement indefinit que ha portat a l'exhauriment dels recursos, a l'increment de la contaminació i a la destrucció d'hàbitats. Probablement, els dos conceptes clau del nou paradigma mediambiental són els de sostenibilitat i biodiversitat. Darrere del freqüent ús vacu i interessat d'aquest últim concepte, batega una idea al meu parer molt important, la del valor. Però el nou valor de la diversitat de la vida és polièdric i assoleix dimensions no sols econòmiques, sinó també ecològiques i ètiques. Hi ha una creixent apreciació social sobre el valor intrínsec de la biodiversitat (el que se'n diu el paradigma moral biosfèric), i això s'ha traduït en polítiques concretes de protecció d'ecosistemes, espècies i poblacions.

Molts dels problemes sobre conservació de la biodiversitat apareixen en els mars i oceans. Òbviament, ja no és possible concebre el mar com una font inesgotable de recursos (i això ho reflecteix molt bé el col·lapse successiu de molts caladors de pesca) o com una immensa depuradora de compostos xenobiòtics. No obstant això, més enllà de la dimensió econòmica

i sanitària del problema, la sensibilitat social afecta avui també els problemes de conservació d'espècies marines *per se*. Hi ha dos problemes bàsics en la conservació d'espècies marines. El primer és l'especial dificultat d'obtenir informació científica rellevant en el medi marí. El segon, que no és privatiu de les espècies marines, és el biaix psicològic (i, per tant, social i polític) cap a certes espècies carismàtiques. Des del

punt de vista del biòleg, la solució pragmàtica és considerar que la protecció d'espècies carismàtiques comporta també la protecció dels hàbitats on viuen, de manera que el benefici de la protecció s'estén a l'ecosistema en el seu conjunt.

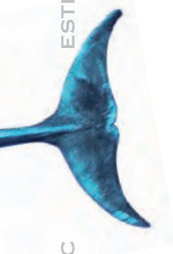
Crec que és en aquest marc de referència on pot situar-se la petició que, el 1999, el Ministeri de Medi Ambient va fer a la Univer-

sitat de València per a identificar les àrees d'especial interès per a la conservació dels cetacis en el Mediterrani espanyol. Ha estat un projecte ambiciós, de quatre anys de duració, que va ser coordinat pel nostre grup d'investigació i va comptar amb la participació de la Universitat Autònoma de Madrid i la Universitat de Barcelona.

Però situem-nos en context. El Mediterrani pot considerar-se com un oceà en miniatura, amb una taxa de renovació de les seues aigües de quasi un segle. S'hi troben el 7,5% de les espècies conegudes d'animals

**«PROBABLEMENT,  
ELS DOS CONCEPTES  
CLAU DEL NOU PARADIGMA  
MEDIAMBIENTAL SÓN  
ELS DE SOSTENIBILITAT  
I BIODIVERSITAT»**





marins i el 18% d'espècies de la flora marina mundial. De totes elles, el 28% de les espècies i un bon nombre de les seues poblacions són endèmiques. Per això, el Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades preveu la protecció de 36 espècies, 16 de les quals són cetacis.

Pel que fa a la regió central d'estudi, les aigües davant de la Comunitat Valenciana, la nostra labor durant la duració del projecte va ser la de determinar l'abundància i distribució de les set espècies de cetacis més freqüents, així com identificar els factors més importants que n'afecten la distribució i els problemes de conservació més rellevants. Per descomptat, va ser una tasca ímproba: vam haver de recórrer més de 9.000 milles nàutiques (aproximadament 17.000 km) per a realitzar els censos aeris que van servir de base per a les anàlisis posteriors.

Sense ànim de resultar exhaustius, podem mencionar que, per a algunes espècies de cetacis, els resultats han estat prometedors. En el cas de l'espècie més abundant, el dofí ratllat (*Stenella coeruleoalba*), que

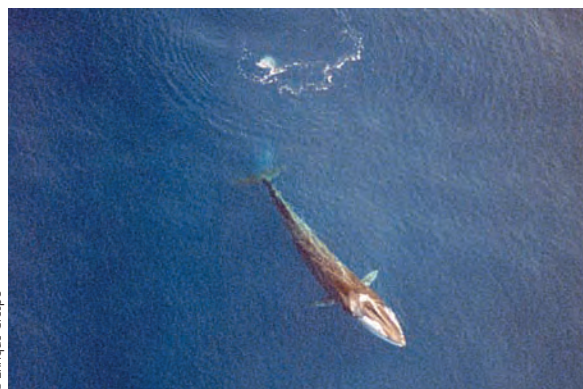
**«LA SOLUCIÓ PRAGMÀTICA  
ÉS CONSIDERAR QUE LA PROTECCIÓ  
D'ESPÈCIES CARISMÀTIQUES COMPORTA  
TAMBÉ LA PROTECCIÓ DELS HÀBITATS  
ON VIUEN»**

el 1990-92 va patir una mortaldat massiva d'origen víric en tot el Mediterrani, hem constatat que les seues poblacions pareixen haver-se recuperat notablement: estimem que la població actual en les aigües de la Comunitat Valenciana excedeix els 15.000 individus. Aquesta espècie és pròpia d'aigües relativament profundes i la seua dieta es basa en peixos i, particularment, en cefalòpodes d'escàs interès, és a dir, que la influència humana directa pareix poc important. No obstant això, el panorama de conservació no és tan encoratjador per a la següent espècie en importància numèrica, el dofí mular (*Tursiops truncatus*). La població actual d'aquesta espècie (probablement ben coneguda pel gran públic com a espècie més sovint utilitzada en els delfinaris) s'acosta als 500 exemplars. El problema és que es tracta d'una espècie eminentment litoral que s'alimenta de peixos d'alt valor comercial. La combinació d'aquestes característiques pareix portar l'espècie a suportar una intensa competència per recursos tròfics amb els pescadors i a un

Mare de catxalot alletant la cria, en Illa Pica (Açors).



© Jaume Fuster



© Enrique Crespo

Rorqual comú (*Balaenoptera physalus*) observat en un dels mostreigs aeris.



© Javier Martínez

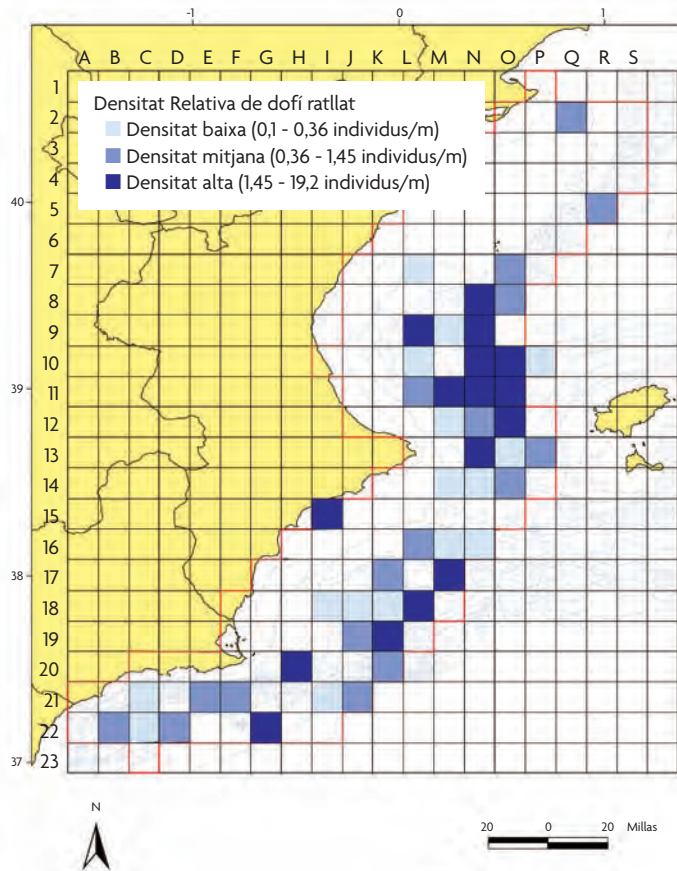
Dofins ratllats (*S. coeruleoalba*) fotografiats al mar de Bamba.





freqüent nombre de captures accidentals en les arts de pesca. Tots els indicis apunten desgraciadament a un declivi important de les poblacions d'aquesta espècie.

El nostre estudi ha revelat també que altres espècies de cetacis usen les aigües valencianes com a zones de pas en els seus desplaçaments i migracions al llarg del Mediterrani. És el cas del zífid de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) o el rorqual comú (*Balaenoptera physalus*). Aquesta última espècie de balena –la segona en grandària, amb longituds màximes de fins a 26 metres– realitza migracions estacionals enfront de les nostres costes per concentrar-se a l'estiu en una zona d'afllorament, el mar de Ligúria (entre l'illa de Còrsega, la Costa Blava francesa, la Riviera italiana i nord de Sardenya). De fet, la importància del mar de Ligúria per a l'alimentació dels rorquals mediterranis va animar els governs de França, Mònaco i Itàlia a declarar aquesta regió Refugi Internacional per a la Conservació dels cetacis.



Densitat relativa del dofí ratllat. Àrea d'estudi dividida en quadrícules de 10 x 10 min.

**«LA CONSERVACIÓ DELS CETACIS HAURIA DE SER EL PRIMER PAS PER A PROMOURE LA INVESTIGACIÓ SOBRE ALTRES ORGANISMES MARINS MÉS “MODESTOS”, PERÒ IGUALMENT NECESSITATS URGENTMENT D'ESTUDI I PROTECCIÓ»**

En general, les amenaces més importants que hem detectat sobre les distintes poblacions de cetacis no són, com caldria esperar, gens sorprenents: a més de les ja mencionades, com les captures accidentals per arts de pesca i la competència pels recursos pesquers, és important assenyalar la contaminació química, produïda per les activitats industrials i agrícoles. No obstant això, sí que resulta més específica i desconeguda la contaminació acústica, a causa de l'increment del tràfic marítim i de l'ús de petites embarcacions de lleure, que pertorba els sistemes d'ecolocalització dels cetacis.

La conclusió aplicada més important del projecte va ser la recomanació perquè tres àrees siguin considerades Llocs d'Interès Comunitari en les aigües valencianes dins de la xarxa Natura 2000 de la Unió Europea: l'entorn dels Columbrets, el sud de l'illa de Tabarca i les costes del nord d'Alacant (des de la Vila Joiosa al cap de la Nau) on la presència de bandades de dofins mulars encara és habitual. Els Columbrets i Tabarca ja gaudien de figures de protecció com a





© Javier Martínez

Caps d'olla grisos (*Grampus griseus*) fotografiats al mar de Bamba.

© Celia Agustí

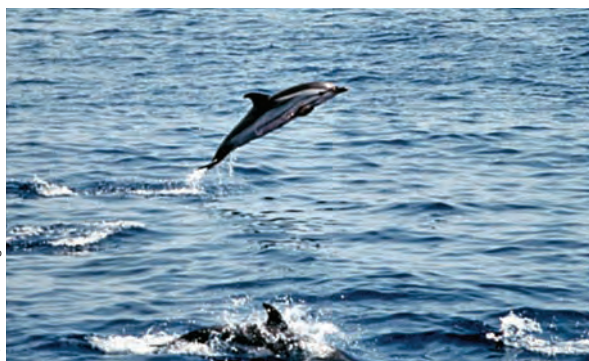
Rorqual comú (*Balaenoptera physalus*) albirat prop de les Columbretes.

© Celia Agustí

Cap d'olla gris (*Grampus griseus*) fotografiat des d'un vaixell.

© Antonio Sánchez

Dofins mulars vora l'illa Grossa, la major de les Columbretes.



© Juan Antonio Raga

Dofins ratllats (*Stenella coeruleoalba*) en aigües del golf de València.

reserves marines, però la nostra proposta és incrementar-ne sensiblement l'extensió per incloure-hi les poblacions de cetacis circumdants. D'altra banda, també hem proposat una Zona d'Espècial Protecció del Mediterrani. Aquesta figura de protecció es basa en el Conveni de Barcelona per a la protecció del medi marí i la zona costanera del Mediterrani, i atén als valors singulars i representatius del Mare Nostrum. En concret, proposem un "corredor de migració de cetacis", que s'estendria vora el talús de la plataforma continental, de manera paral·lela a la costa, des del pas d'Eivissa fins a la frontera francesa. L'objectiu és protegir les espècies migradores, com ara el rorqual comú.

Insistent en la meua reflexió inicial sobre la sostenibilitat, és important assenyalar que l'existència d'aquestes zones marines protegides pot ser compatible amb diverses activitats humanes, inclosa la pesca, sempre que es facen de manera regulada. La creació d'aquesta xarxa de refugis marins resulta ser, a més, un element de conservació, no sols de les espècies carismàtiques per a les quals va ser concebut, sinó de tots els elements de l'ecosistema que es veuen emparats per aquest paraigua. La creació d'àrees d'interès per a la conservació dels cetacis hauria de ser el primer pas per a promoure la investigació sobre altres organismes marins més "modestos", però igualment necessitats urgentment d'estudi i protecció. Al cap i a la fi, la societat només serà capaç d'exigir protecció d'allò que coneix i aprèn a valorar. ☺

## BIBLIOGRAFIA

RAGA, J. A; J. PANTOJA (editors) (2004): *Projecte mediterrani. Zones d'espècial interès per a la conservació dels cetacis en el Mediterrani espanyol*, Madrid, Ministeri de Medi Ambient, "Sèrie Tècnica", 219 pp. + DVD .

**Juan Antonio Raga.** Unitat de Zoologia Marina, Institut "Cavanilles" de Biodiversitat i Biologia Evolutiva, Universitat de València. La Unitat de Zoologia Marina de l'Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva ha rebut el Premi Universitat-Societat a la Investigació 2005 del Consell Social de la Universitat de València.



# ESCENOGRAFIES SUBMARINES

## REALITAT, FICCIÓ I DIVULGACIÓ CIENTÍFICA

Javier Álvarez i Miquel Francés

*AN UNDERWATER SETTING, REALITY, FICTION AND SCIENTIFIC POPULARIZATION. THE SUBMARINE REALITY HAS BEEN SHROUDED BY UNREALITY FOR THOUSANDS OF YEARS, DURING WHICH TIME WE COULD ONLY IMAGINE WHAT WAS TO BE FOUND BELOW THE SURFACE OF THE WATERS. THIS BEING UNKNOWN FOR SO LONG, GENERATED THE EXISTENCE OF AN IMAGINARY UNDERWATER UNIVERSE, INFESTED WITH MONSTERS AND LEGENDS, AND ABOVE ALL, UNCERTAINTY. PERHAPS, BECAUSE OF THIS, TO A GREAT EXTENT WE HAVE BEEN ABLE TO CAPTURE AND COMMUNICATE THE WORLD THROUGH THE "OBJECTIVE" OR LANGUAGE OF THE LENS, LIKE PHOTOGRAPHY AND CINEMA, FEELING THE IRRESISTIBLE NEED TO TRANSPORT THE MECHANICAL EYE OF THE CAMERA BELOW THE MIRROR OF THE SEA.*

### ■ LES FRONTERES DE LA REALITAT I LA NO REALITAT D'UN MÓN INVISIBLE

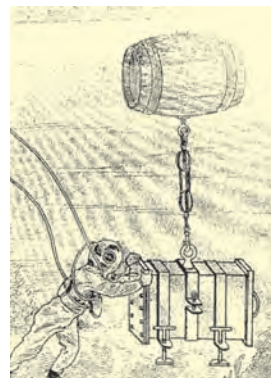
No va ser fins a l'aparició de la fotografia que el realisme va prendre el seu vertader caire. Es va dir que no era art perquè no hi intervenia directament la mà de l'artista. Es va entendre com un element de reproducció mecànica de la realitat. Molts la van prendre com a espill de la realitat, i les imatges que proporcionava eren considerades objectives i naturals. Si a aquest raonament preliminar afegim una variable complexa, és a dir, hi introduïm la visió d'una realitat de no fàcil accés com és el món submarí, ens trobem que el públic perceptor d'aquesta escenografia aquàtica tindrà una amplificació perceptora d'un espai desconegut en el seu àmbit quotidià. Bussejar és una experiència única i meravellosa a la qual no tots tenim accés, d'ací la gran fascinació que poden generar aquestes imatges estàtiques o en moviment.

### ■ ELS INICIS EN L'ADQUISICIÓ D'IMATGES SUBMARINES

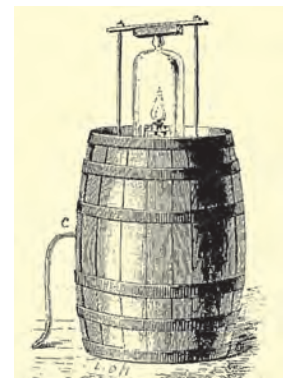
El naixement del cinema submarí té els inicis en la seua disciplina germana, la fotografia submarina, el més famós precursor de la qual va ser sens dubte el francès Louis Boutan (1859-1934). Aquest fotògraf pioner i també professor de zoologia en la Sorbona, realitza el 1893 les seues primeres fotografies; dos anys més tard publica *Memoire sur la photographie*

*sous-marine*. En la consecució d'aquesta empresa, va elaborar una de les primeres caixes estanques de la història per a una càmera fotogràfica, en aquest cas una Detective de 9x12, de focus fix (des de 3 m fins a infinit) i canvi automàtic de plaques, a més d'un rudimentari però enginyós flaix submarí, ajudat pel Laboratoire Arago de Banyuls de la Marenda.

Mentre els avenços en la fotografia submarina continuen succeint-se, els primers exemples de cinema submarí no tarden a aparèixer. Francis Ward, fotògraf submarí, realitza el 1912 les primeres filmacions, però serà el nord-americà John Ernest Williamson (1881-1966) qui s'apropie de manera definitiva de la



Des dels orígens, el cinema submarí ha exigut una bona forma física, com testimonia el rudimentari equip de filmació submarina de Boutan.



Boutan també va desenvolupar un enginyós flaix submarí per salvar les limitacions de la manca de sensibilitat de les pel·lícules de l'època.



El transgressor i precursor del cinema científic, Jean Painlevé, va ser un exemple de producció documental científica adaptada a diferents tipus de públic.

paternitat d'aquest tipus de cinema. Fill d'un capità de la marina inventor del *tub de profunditat*, un dispositiu en forma de tubs d'acer telescòpics que permetia explorar el fons marí des d'un vaixell, readapta el disseny de l'invent de son pare dotant-lo de forma esfèrica i proveint-lo de nombroses finestres per a poder filmar i fer fotografies en el que resulta un exclusiu observatori marí portàtil.

El 1914, Williamson organitza una expedició per a traslladar fins a les Bahames la seua *fotoesfera*, nom amb què ha quedat batejat l'invent. D'aquesta expedició, resulta la pel·lícula titulada *Thirty leagues under the sea* (Brian Taves, 1996), que passaria a ser mundialment coneguda com *The Williamson Expedition Submarine Motion Pictures*.

A partir d'aquí, Williamson comença una dilatada trajectòria professional en què, al llarg de cinquanta anys, alterna la producció de documentals de to pseudocientífic amb la de pel·lícules de ficció, tant com a productor independent com per a la indústria del cinema de Hollywood. El bagatge científicotècnic de Williamson, la seua passió desmesurada pel món submarí i el seu esperit visionari, aventurer i un tant protagonista, perfilen un

**«PAINLEVÉ, PIONER  
DEL CINEMA SUBMARÍ,  
ES CONSIDERA A MÉS  
EL PRECURSOR DEL CINEMA  
DE DIVULGACIÓ CIENTÍFICA»**

prototip de científic-aventurer-creador molt comú en tots aquells que van escriure les primeres pàgines d'aquest vessant del cinema i que anys més tard seria causa d'una vertadera revolució mediàtica amb la figura del comandant Jacques-Yves Cousteau.

Anys més tard del naixement de l'habitacle submarí de Williamson, el 1920, Hans Hartman desenvolupa, sota l'auspici del príncep Albert de Mònaco, el primer giny autònom de filmació capaç de ser transportat sota l'aigua i controlat per un bus.

La sofisticada aportació de Hartman, tot i ser menys aparatosa que la genial *fotoesfera*, no desmereix en grandiloquència. A una càmera de cinema col·locada a l'interior d'una caixa estanca, se sumava un equip d'il·luminació per mitjà de llum elèctrica d'1.500 watts alimentat des de la superfície, un motor elèctric dotat d'hèlice i un giroscopi encarregat de procurar l'estabilitat necessària. Motivat per la tècnica més que per l'interès creatiu, Hartman va desenvolupar les seues primeres experiències en la marina nord-americana, la qual cosa va tenir de secretisme els seus resultats.

La *tercera via* de l'audiovisual subaquàtic no aprofundeix en el terreny de la ficció, ni centra els esforços en el desenvolupament tecnològic, però tot i això el seu infantament és doble, perquè a un nou estil de cinema submarí s'afegeix el que per a molts va ser el naixement del cinema de divulgació científica. El responsable d'aquesta agitació és el zoòleg francès Jean Painlevé (1902-1989).

Llicenciat en la Sorbona, com el seu antecessor Luis Boutan, comparteix amb aquest la seua admiració per la fotografia, si bé l'evident influx en la seua obra dels vents del surrealisme dels anys vint marca les diferències entre Painlevé i la resta de cinematògrafs. La seua particular vehemència per la biologia dels éssers vius en general, i les criatures marines en particular, unida a un sincer desig de divulgar aquestes realitats entre el gran públic, li porten a elaborar un discurs ambigu sobre elles, a vegades surrealista, a vegades didàctic, d'altres científic, però sens dubte fascinant. De fet, Painlevé produeix els seus films en triple versió: una còpia per als seus col·legues científics,

una altra per als estudiants universitaris i una de tercera per al públic general. És aquí on desvela el seu costat més avantgardista, que testimonia mitjançant un anàrquic muntatge harmonitzat amb ritmes de jazz.

Entre les seues obres subaquàtiques destaca *L'Hippocampe*



(1934), *Assassins d'eau douce* (1947), *Les Danseuses de la mer* (1956) i el tardà *Amours de la pieuvre* (1965), film una mica extravagant sobre la còpula del polp, on continua mostrant signes de modernitat amb la implicació en el projecte del pioner de la música electrònica a França, Pierre Henry.

Les diferències entre el cinema de Painlevé i el dels seus antecessors són diverses. Mentre que per a Williamson primava la presència en el medi natural, encara que fóra mitjançant l'artifici d'aquella prolongació del mitjà terrestre en el subaquàtic que constituïa la seua *fotoesfera*, Hartman opta per aïllar tan sols la càmera, és a dir, que en el seu cas l'home ha de canviar realment i físicament de medi, i això suposava una aproximació potser menys reflexiva, encara que molt més íntima. Painlevé fa un pas més enllà i, sense renunciar a l'experiència iniciàtica de la immersió, no dubta a utilitzar també aquaris en les seues filmacions, que no són sinó miniatures dels ficticis escenaris que Williamson tant repudiava.

«ELS ANYS QUARANTA MARQUEN EL PUNT D'INFLEXIÓ EN EL DESENVOLUPAMENT DEL CINEMA SUBMARÍ; DEIXEN ARRERE L'ÈPOCA DELS PIONERS PER DONAR PAS A LA CINEMATOGRAFIA SUBMARINA MODERNA»

#### ■ ELS NOUS ACTORS DEL CINEMA SUBMARÍ

Els anys quaranta marquen el punt d'inflexió en el desenvolupament del cinema submarí; deixen arrere l'època dels pioners per donar pas a la cinematografia submarina moderna. I ho faran de la mà del gènere en què probablement major popularitat i difusió ha aconseguit aquest tipus de cinema: el gènere documental.

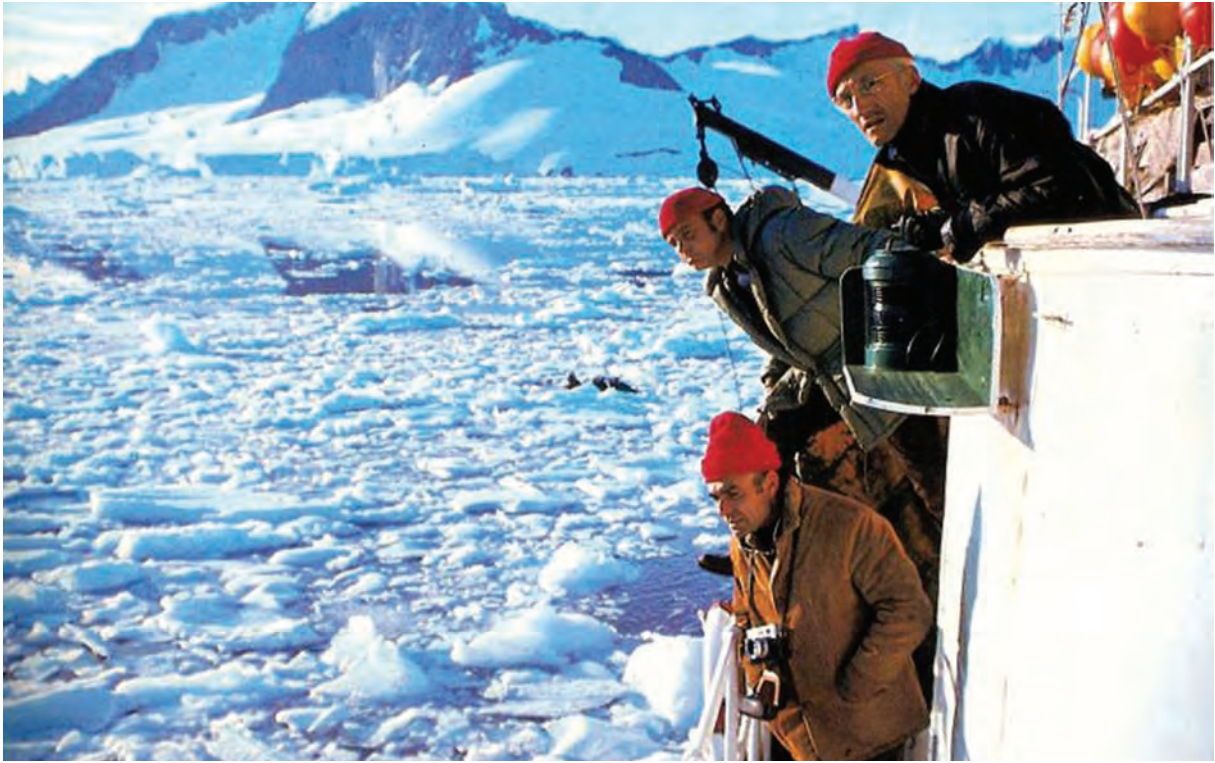
Però el tret més notori en aquest pas en l'evolució del documental submarí –terme que naix i perdura com a nou senyal d'identitat fins avui– no són només els avanços tècnics, cinematogràfics i del busseig, sinó sobretot la incorporació d'un discurs nou a una activitat que abans era un mer complement estètic o eina científica. Aquest discurs és ple de connotacions mediàtiques i morals sota la consigna de la preservació ambiental.

El missatge conservacionista, que veurem implícit en les produccions dels grans comunicadors del món



Els documentals de l'investigador i cinematògraf austríac Hans Haas varen obtenir una gran popularitat a la Gran Bretanya durant els anys cinquanta, malgrat que mai no va a aconseguir l'èxit del seu coetani Jacques Cousteau.





Per a Jacques Cousteau la inclusió del seu equip en la major part dels documentals va a ser una eina discursiva molt profitosa des del punt de vista mediàtic.

submarí, articula el sentit narratiu, mentre que els elements discursius se centren en la recerca de l'aventura, les meravelles de la naturalesa, la relació de l'home i el mar etc. Aquesta estratègia de *mostrar per a preservar*, justifica al seu torn la necessitat d'un portaveu que establesca el pont amb l'espectador, i li faça arribar aquest discurs de manera efectiva, a través de l'empatia produïda per la proximitat del tracte humà.

L'encara incipient desenvolupament de la indústria paleotelevisiva de les primeres dècades de la indústria catòdica encoratja el desenvolupament d'aquest fenomen i possibilita la ràpida distribució de les produccions submarines.

El primer exemple d'aquests nous comunicadors del mar el trobem en la figura del zòleg austríac Hans Hass, conegut popularment com "el Rei dels Taurons" i descobridor submarí de la mar Roja. Nascut a Viena el 1918, la seua aproximació a la fotografia i a la filmació sota l'aigua la realitza des de la seua posició com a científic, durant les campanyes d'investigació que realitza juntament amb els seus col·legues de la Universitat de Viena al Carib el 1939. Anys més tard produeix a la Mar Roja *Men among sharks* (1947). Reconegut pioner del busseig, camp en què se li atri-

bueixen nombrosos avanços tècnics, és mereixedor del mèrit d'haver rodat aquesta primera obra bussejant amb equips de circuit tancat d'oxigen, molt discrets, per no produir cap so, però perillosos per l'elevada toxicitat d'aquest gas fins i tot a poca profunditat.

Després de la primera pel·lícula, contacta amb la Herzog-Film, de Munic, i la Sascha-Film, de Viena, amb les quals produirà *Red Sea Adventure* (1951), pel·lícula guanyadora del premi al millor documental al Festival de Cinema de Venècia i que adquireix gran popularitat entre el públic britànic. A aquest segueixen altres títols, entre els quals destaca *Undternehmen Xarifa*, guardonat amb un Oscar de l'Acadèmia per la "millor fotografia subaquàtica" el 1959. El *Xarifa*, homòleg del mític *Calypso*, va ser el vaixell base de Hans Hass des del qual va realitzar nombrosos documentals i sèries per a televisió, com *Maldives* (1958), la sèrie de tres capítols *Adventure* (1959-60), *Tahití*, o *les Illes Açores, Galápagos i Cocos*.

A pesar de la seua reconeguda vàlua com a divulgador, científic i documentalista, Hans Hass no va aconseguir mai, o potser simplement va quedar eclipsat pel seu coetani, la popularitat de l'emblemàtic Jacques-Yves Cousteau (1910-1997), la projecció del qual va anar molt més enllà del context cinematogrà-



fic fins ocupar la condició de fenomen mediàtic del segle XX.

El *comandant*, apel·latiu de Cousteau per l'ascens amb què se li va recompensar la seua aportació a la ciència, constitueix en ell mateix un projecte integral de construcció del mite. Mite entès en el sentit barthesià de l'expressió, com a *sobreconnotació* d'un fet, objecte o persona, escollit dins d'un sistema de comunicació i que assoleix significació universal (Barthes: 1957). A aquest sistema de comunicació corresponia una societat que descobreix el mar com el lloc de l'aventura, l'horitzó inesgotable que ens torna als paradisos perduts.

Cousteau reuneix en la seua persona signes carregats de connotacions mítiques: heroi de guerra; cavaller de la Legió d'Honor pel seu suport a la *Resistència*; inventor, responsable juntament amb l'enginyer Emily Gagnan de l'escafandre autònom, aparell que obre les portes del món submarí a la humanitat; explorador, a la manera més *homèrica* possible, al comandament d'una nau dotada de moderns argonautes (les apel·lacions a l'equip de Cousteau formen part del discurs habitual de les seues pel·lícules) que parteix des del Mediterrani a la recerca d'aventures; científic, posició social amb gran contingut mític en una època en què es considera que la ciència podia resoldre tots els problemes de l'home. En aquest sentit, resulta de fet significatiu com Cousteau canvia, anys més tard, el matís científic de la seua múltiple personalitat pel d'ecologista, quan la ciència cau en crisi enfront de l'ecologia a partir dels anys setanta. La seua aportació al cinema submarí destaca, a més de per la qualitat tècnica i artística, per l'eficàcia productiva, difícilment superable en experiència sobre pel·lícula cinematogràfica de 35 i súper 16 mm.

Analitzant l'obra cinematogràfica de Cousteau, s'aprecia un efecte condensador de les tècniques i estils marcats fins llavors. En el seu vessant més hartmanià, i amb la participació inestimable dels seus col·laboradors Philippe Taillez i Frederic Dumas, col·labora en el disseny de nombrosos models de càmeres, entre els quals destaquen les Spirofilm de 16 mm i la mítica càmera fotogràfica Calypsophot, dissenyada per Jean de Wouters. Emulant els passos de Williamson, implica en la producció dels documentals grans infraestructures que van molt més enllà de la limitada fotosfera. L'adquisició del *Calypso* el 1950, representa la disponibilitat d'un autèntic plató flotant i el pas a la categoria de superproduccions, gràcies

**«LA PROJECCIÓ COUSTEAU VA ANAR MOLT MÉS ENLLÀ DEL CONTEXT CINEMATogràFIC, FINS A OCUPAR LA CONDICIÓN DE FENOMEN MEDIÀTIC DEL SEGLE XX»**

tant a l'enriquiment logístic que es fa ara possible (des d'un helicòpter fins a un minisubmarí), com a l'augment de possibilitats narratives que obre aquest estudi mòbil d'excepció. Finalment, encara que el gruix de les obres de Cousteau es fonamenta en el documental d'exploracions, quan inicia la seua obra

fílmica amb *El món del silenci* (Palma d'Or del Festival de Cannes de 1956 i Oscar de l'Acadèmia el 1957), basa la seua narrativa en una certa retòrica poètica carregada d'efectes una mica melodramàtics, que evoca el cinema miscel·lani de Painlevé (no en va Louis Malle va ser codirector d'aquesta pel·lícula).

La seua extensíssima producció fílmica comprèn 14 pel·lícules documentals i uns 115 documentals per a televisió, entre els quals destaquen títols com *Un món sense sol* (1964), guanyador d'un altre Oscar de l'Acadèmia en 1965, i la sèrie de televisió *El món submarí de Jacques Cousteau* (1966), nominada per a un Globus d'Or, i *L'Odissea Cousteau* (1977), nominada per a tres Emmy. La seua empremta personal i la seua extensa filmografia han estat fins avui inimitables. Cousteau marca un abans i un després en la producció de cinema submarí.

A partir d'aquí, les produccions submarines augmenten en nombre i complexitat narrativa, però sobretot tècnica, fins a culminar amb l'obra de la Unitat d'Història Natural de la BBC, *Blue Planet* (2004),



Amb cinc anys de producció i vora deu milions d'euros de cost, *Blue Planet* produïda per la BBC el 2003, ha estat sense cap dubte el treball de filmació submarina més complex en termes de logística i tipus de seqüències obtingudes.



© Bluescreen

Encara que amb molta millor qualitat d'imatge, l'aparença externa dels equips moderns de filmació subaquàtica no dista tant dels aparatosos prototips dels pioners.

en format de sèrie de televisió i pel·lícula documental.

#### ■ ELS PRIMERS PASSOS DEL CINEMA SUBMARÍ A ESPANYA

A més de l'estrena d'algunes de les pel·lícules de Hollywood on s'inclouïen seqüències submarines (probablement la versió de Disney de *Vint mil llegües de viatge submarí*, dirigida el 1954 per Richard Fleischer, i en la qual Williamson va col·laborar com a assessor de camp), el cinema submarí no arriba a Espanya fins quasi entrada la dècada dels anys seixanta, amb l'estrena en TVE de la sèrie *Investigador submarino* el 1958.

L'emergent televisió espanyola, en via de ràpid creixement, constitueix en aquells anys un lloc adequat per a programes de caràcter cultural (qualificatiu que en aquell moment resultava de segur xocant per als programes de naturalesa, perquè eren *viscuts* com a pur entreteniment) com ara els documentals. D'aquesta manera, les sèries de Cousteau aconsegueixen

**«ELS PRIMERS INTENTS DE CINEMA SUBMARÍ NACIONAL PRETENEN EMULAR EN ESTIL I TEMÀTICA LES PRODUCCIONS DE JACQUES-YVES COUSTEAU. L'EXEMPLE MÉS DESTACABLE ÉS EL DEL CATALÀ EDUARD ADMETLLA»**

gran popularitat durant els anys setanta i vuitanta, i generen l'augment d'interès pel busseig i les seues possibilitats filmiques. A pesar d'això, l'escassa experiència a Espanya i les elevades exigències tècniques i econòmiques de la filmació submarina retardaran considerablement el naixement de les primeres produccions espanyoles. Dins d'aquest context, sor-

geixen en la dècada dels setanta les primeres mostres de difusió dels productes cinematogràfics submarins fora de l'àmbit televisiu, de les quals va ser pioner el Cicle de Cinema Submarí de Sant Sebastià.

Aquest projecte sorgeix el 1975 com a iniciativa d'un grup de bussejadors escafandristes de la Secció d'Activitats Subaquàtiques de la Reial Societat de Futbol de Sant Sebastià (avui SAD). Des de la primera edició han projectat unes 580 pel·lícules de procedència tant nacional com estrangera.

Els primers intents de cinema submarí nacional pretenen emular en estil i temàtica les produccions de



Jacques-Yves Cousteau. L'exemple més destacable és el del català Eduard Admetlla, responsable de les primeres produccions amb pressupostos destacables. Una línia argumental plana, retòrica narrativa i exaltació mal calibrada de la figura d'Admetlla com a protagonista i narrador són les principals característiques. No obstant això, el fet de mostrar per primera vegada els fons d'algunes zones del litoral espanyol, mai filmades amb anterioritat, n'incrementa el valor documental. Destaquen *Fondo*, realitzada juntament amb Alberto Galopa i els títols *Y Dios creó los peces*, *Cita con las tinieblas*, *Maffia isla tropical*, i *Islas Medas*, realitzades amb Josep Capdevilla i Amadeo Marín. Algunes d'aquestes produccions van ser emeses en Televisió Espanyola, cadena per a la qual també va realitzar sèries documentals.

L'evolució del nivell de vida de la societat espanyola, al costat del desenvolupament dels equips de filmació i la digitalització en el procés de producció, permeten que a partir dels vuitanta sorgesca una nova generació de cinematògrafs submarins, que augmenten la qualitat tècnica de les obres espanyoles. Així i tot, es continua apreciand un desequilibri important entre els esforços destinats a l'obtenció de les imatges i el discurs filmic proposat, que no va més enllà, salvades honroses excepcions, de la mera descripció de paisatges i organismes marins diversos. ☺

#### BIBLIOGRAFIA

BAKER, N. (1997): "William Thompson. The World's First Underwater Photographer", *Historical Diving Times*, 19, Londres, Peter Dick.

BARTHES, R. (1957): *Mythologies*, París, Seuil.

BELLOWS, A. M. (2000): *Science Is Fiction: The Films of Jean Painlevé*, Cambridge (MA), The MIT Press.

CONTRERAS, J. M.; M. PALACIO (2001): *La programació televisiva*, Madrid, Síntesis.

DAUNER, E. (1993): *La fotografía submarina*, Madrid, Martínez Roca SA Ediciones.

ECOTT, T. (2001): *Neutral Bouyancy: Adventures in a Liquid World*, Londres, Atlantic Monthly Press.

FRANCÉS, M. (2002): *La producción de documentales en la era digital*, Madrid, Cátedra.

GUBERN, R. (1995): *Historia del cine español*, Barcelona, Lumen.

LEÓN, B. (1999): *El documental de divulgación científica*, Barcelona, Paidós.

TAVES, B. i altres (1996): *The Jules Verne Encyclopedia*, Londres, Scarecrow Press.

VANNEVAR, B. (1999): «La ciencia, una frontera sin fin. Un informe al presidente, julio de 1945», *Redes, Revista de Estudios Sociales de la Ciencia*, 14, Buenos Aires.

WEINBERG, S. (1993). *100 Ans de Photographie Sous-marin*, París, A. Schrotter.

#### FILMOGRAFIA

ADMETLLA, Eduard (1975-1982): *Fondo*.  
 — *Y Dios creó a los peces*.  
 — *Cita con las tinieblas*.  
 — *Maffia isla tropical*.  
 — *Islas Medas*.

BBC (2004): *Blue Planet*.

COUSTEAU, Jaques-Ives (1956): *El mundo del silencio*.  
 — (1964): *Un mundo sin sol*.  
 — (1966): *El mundo submarino de Jacques Cousteau*.  
 — (1977): *La Odissea de Cousteau*.

FLEISCHER, Richard (1954): *Veinte mil leguas de viaje submarino*.

HASS, Hans (1947): *Men Among Sharks*.  
 — (1951): *Red Sea Adventure*.  
 — (1959): *Unternehmen Xarifa*.  
 — (1959-63) *Adventure, Tahiti, Islas Azores, Galápagos i Cocos*.

PAINLEVÉ (1934): *L'Hippocampe*.  
 — (1947): *Assassins d'eau douce*.  
 — (1956): *Les Danseuses de la mer*.  
 — (1965): *Amours de la pieuvre*.

TAVES, Brian (1996): *The Williamson Expedition Submarine Motion Pictures*.

**Javier Álvarez**. Divulgador científic.

**Miquel Francés**. Departament de Teoria dels Llenguatges, Universitat de València.



**IDEES 25** Revista de temes contemporanis. 8 euros

## LA RIQUESA ÈTICA DE LES NACIONS

Alain-G. Gagnon, Jette Steen Knudsen, Tom Donaldson i Adina Friedman

Ignasi Boada, Joan Pipó, Jaume Urgell, Mònica Badia, Jordi Solé, Xavier Ballart, Jesús Vicens. Entrevistes amb Ana Fernández-Coronado, Philippe Van Parijs i Miquel Strubell

La revista IDEES és una iniciativa del Centre d'Estudis de Temes Contemporanis (CETC)  
La Rambla 130, 2n 2a / 08002 Barcelona / Tel. 93 343 58 80 / www.idees.net