

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.

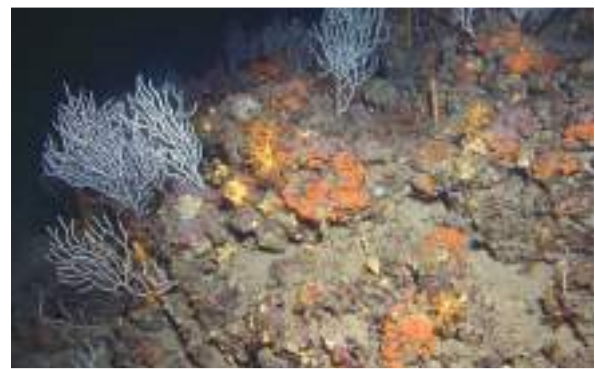
La gran abundància de sèston, especialment prop del fons, és una situació general en tots els oceans i ha donat lloc a un tipus d'estratègia tròfica basada en la captura passiva o activa de les partícules suspeses en l'aigua, els suspensívors. Esponges, cnidaris, briozous, ascidis, gran part dels moluscos 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, 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 ròsec, 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 ròsec. En la imatge de sota es veu la marca d'una de les portes que obren les xarxes quan s'arrosseguen 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.

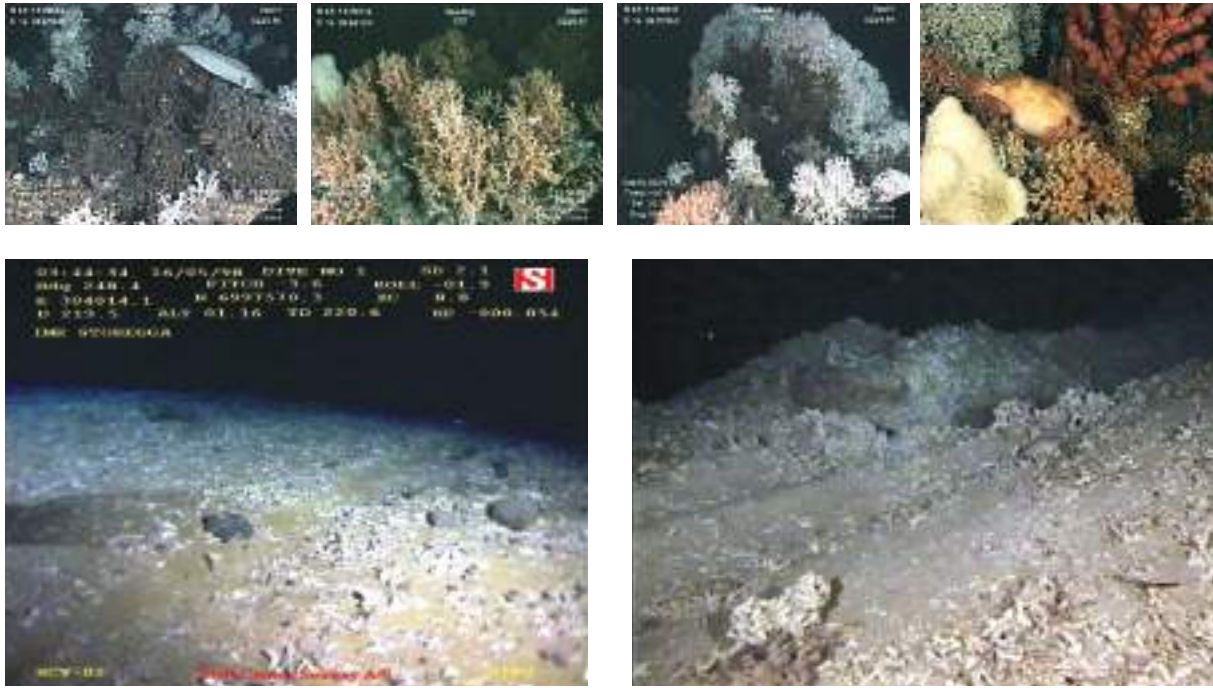
De boscos marins animals, n'hi ha de diferents en funció de l'espècie dominant. De la mateixa manera que parlem de boscos d'avets o d'alzines, per exemple, en el mar podem parlar de boscos de gorgònies, de coralls, d'esponges, etc., i sempre d'una espècie determinada. Un dels més con-

«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





© Fotografies de Jan Helge Fossa, Institut de Recerca Marina de Bergen, Noruega.

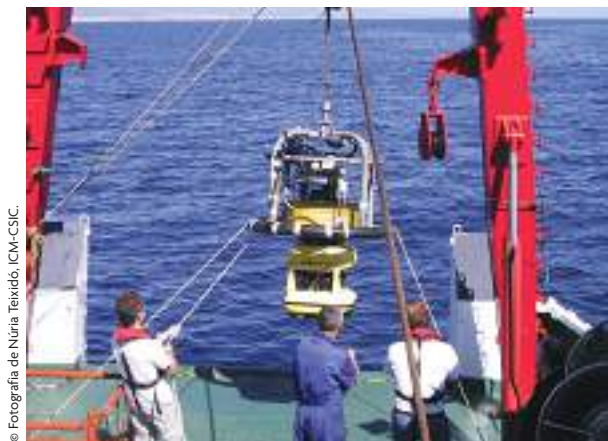
Dalt, quatre imatges dels boscos de *Lophelia pertusa* en el límit de la plataforma continental del mar de Noruega, a uns 225 m de fondària, on es poden veure acumulacions de colònies de més d'1,5 metres d'alçada i amb molta fauna associada que hi busca refugi i aliment. En les dues imatges de sota,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

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 ròssec. 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'afiorament 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.

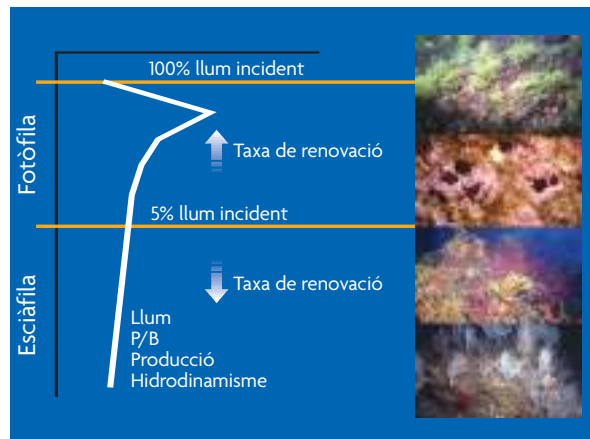
Els boscos de coralls i d'altres organismes sèssils tenen un paper molt rellevant en els ecosistemes marins. Alguns aspectes són ja prou coneguts, però encara n'hi ha que just es comencen a conèixer. Entre els més coneguts hi ha el paper com a sistema de protecció dels juvenils, fases larvàries, i fins 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-



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.)

**«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.»**

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.

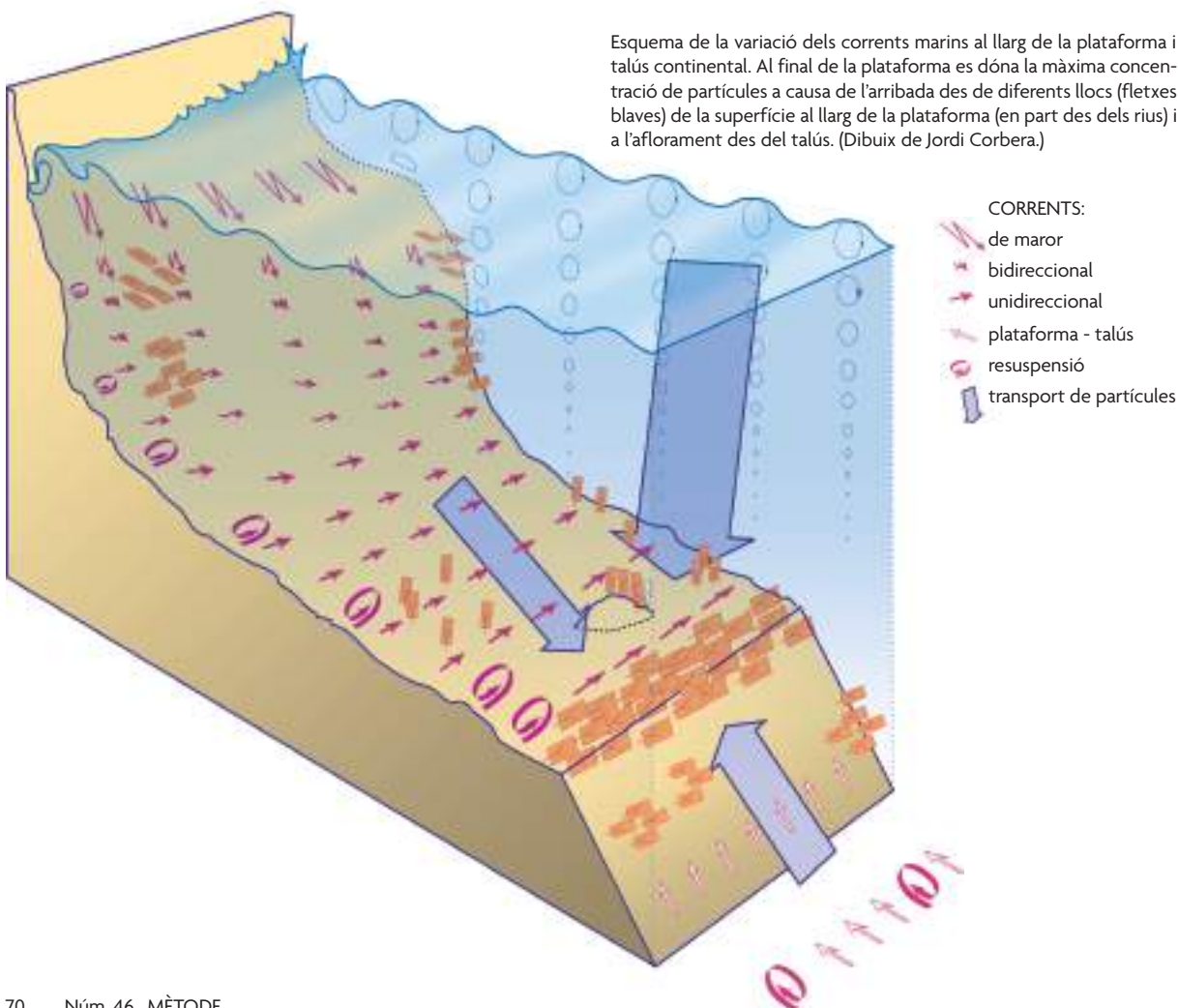
Aquestes han de ser mínimament grans per començar a incidir en els corrents i actuar com a retenidors eficaços de partícules per afavorir tant el seu creixement com el de noves espècies que entrin a formar part de la

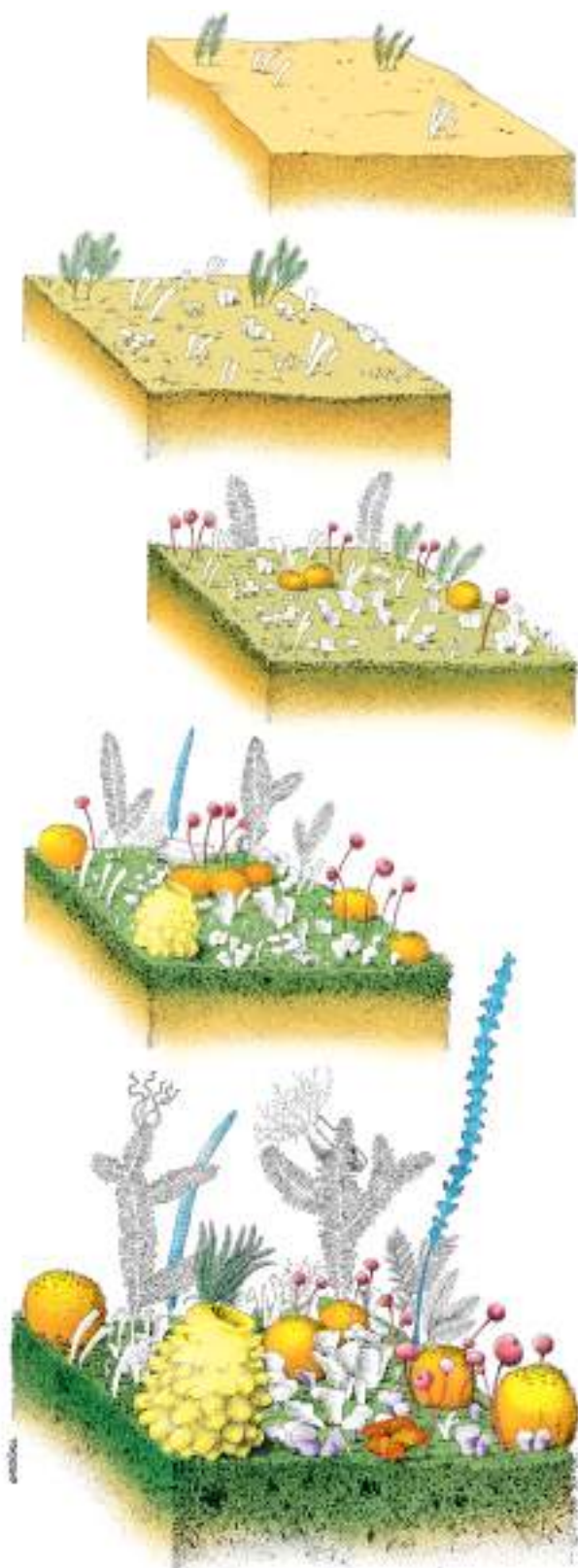
comunitat o bosc. Així, a poc a poc, al llarg de dècades, es formen els bancs, esculls o boscos d'animals. Un altre factor que també representa un paper rellevant en la formació i manteniment d'aquestes comunitats és la reproducció.

**«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.