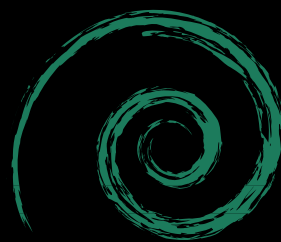


EL FONS MARÍ DE LES ILLES MEDES I EL MONTGRÍ  
quatre dècades de recerca per a la conservació

Bernat Hereu, Xavier Quintana  
*(editors)*



**CÀTEDRA**  
D'ECOSISTEMES  
**LITORALS**  
MEDITERRANIS

# El fons marí de les illes Medes i el Montgrí: quatre dècades de recerca per a la conservació

## Recerca i territori Volum 4

1. Quatre dècades de recerca a les illes Medes  
(Joandomènec Ros i Josep Maria Gili)
2. Cartografia bionòmica dels hàbitats de la costa del Montgrí i les illes Medes  
(Bernat Hereu, Cristina Linares, Aurora M Ricart, Àlex Rodríguez, Eneko Aspillaga, David Díaz, Laura Navarro, Joan Lluís Riera)
3. Clima i règim tèrmic de les aigües de les illes Medes i el Montgrí  
(Josep Pascual, Nathaniel Bensoussan, Jordi Salat, Joaquim Garrabou)
4. L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes: més de trenta anys d'estudi  
(Javier Romero, Marta Pérez, Teresa Alcoverro)
5. L'estatge infralitoral de la costa del Montgrí i les illes Medes: comunitats algals i poblacions de garotes  
(Bernat Hereu)
6. El coral·lígen a les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial  
(Cristina Linares, Rafel Coma, Joaquim Garrabou)
7. Els grans decàpodes de la costa del Montgrí i les illes Medes  
(David Díaz)
8. Els peixos més afavorits per la protecció de les Medes  
(Antoni Garcia-Rubies)
9. La protecció i valorització del medi natural, una estratègia de regeneració de destins turístics consolidats  
(Josep Capellà)



**CÀTEDRA**  
D'ECOSISTEMES  
**LITORALS**  
MEDITERRANIS



# Crèdits

## Edició

Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis  
Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter  
Museu de la Mediterrània

## Editors

Xavier Quintana  
Bernat Hereu

## Coordinadors

Marc Marí  
Antoni Roviras  
Àlex Lorente  
Maria Pilar Carabús

## Revisors

Joandomènec Ros  
Josep M. Gili

## Disseny Gràfic

Mostra Comunicació

## Impressió

Impremta Aubert

ISSN: 2013-5939

Dipòsit legal: GI-1712-2012

### Amb el suport de:

---

 Generalitat de Catalunya  
Departament d'Agricultura, Ramaderia,  
Pesca, Alimentació i Medi Natural

  
associació del llibre  
de la festa major

### Amb el patrocini de:

---

 Sorea

 ENPLATER

  
L'ESTARTIT - ILLES MEDES  
Estació Nàutica

  
FUNDACIÓ  
MASCORT  
TORROELLA DE MONTGRÍ

# Índex

Presentació .....	11
(Xavier Quintana)	
Àlex Lorente i les illes Medes .....	13
(Antoni Roviras)	
Quatre dècades de recerca a les illes Medes .....	15
(Joandomènec Ros i Josep Maria Gili)	
Cartografia bionòmica dels hàbitats de la costa del Montgrí i les illes Medes.....	35
(Bernat Hereu, Cristina Linares, Aurora M Ricart, Alex Rodríguez, Eneko Aspillaga, David Díaz, Laura Navarro, Joan Lluís Riera)	
Clima i règim tèrmic de les aigües de les illes Medes i el Montgrí .....	63
(Josep Pascual, Nathaniel Bensoussan, Jordi Salat, Joaquim Garrabou)	
L'alguer de <i>Posidonia oceanica</i> de les illes Medes: més de trenta anys d'estudi .....	79
(Javier Romero, Marta Pérez, Teresa Alcoverro)	
L'estatge infralitoral de la costa del Montgrí i les illes Medes: comunitats algals i poblacions de garotes .....	101
(Bernat Hereu)	
El coral·lígen a les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial .....	121
(Cristina Linares, Rafel Coma, Joaquim Garrabou)	
Els grans decàpodes de la costa del Montgrí i les illes Medes .....	139
(David Díaz)	
Els peixos més afavorits per la protecció de les Medes .....	155
(Antoni Garcia-Rubies)	
La protecció i valorització del medi natural, una estratègia de regeneració de destins turístics consolidats .....	175
(Josep Capellà)	

# Presentació

La recollida sistemàtica de dades per obtenir sèries temporals llargues de determinades variables que ens donin informació de com evoluciona un determinat ecosistema, una comunitat o una espècie, el que es coneix com a monitorització, resulta de gran interès quan es pretén esbrinar si un espai natural protegit segueix una tendència, a llarg termini, cap a la conservació dels seus valors naturals. Aquesta informació permet orientar la gestió de l'espai natural si es detecten tendències no desitjables, de manera que es puguin corregir abans que siguin irreversibles, el que es coneix com a gestió adaptativa de l'espai natural. La monitorització és especialment necessària en espais naturals on la pressió humana és molt forta, perquè permet veure fins a quin punt la pressió humana repercuteix de manera negativa sobre l'ecosistema i així facilita adaptar els mecanismes de gestió per evitar o, si més no, minimitzar aquest impacte negatiu.

La major dificultat en la implementació d'un programa de monitorització està en el fet de seleccionar quines variables recollim de manera sistemàtica. Tenir informació a llarg termini sobre les abundàncies de la major part de les espècies que formen una comunitat, la variació en la mida dels individus i les diferents interaccions que tenen lloc entre espècies, i entre elles i l'entorn, seria de gran valor per poder analitzar les tendències d'aquesta comunitat, però un seguiment d'aquests tipus tindria costos molt elevats. D'altra banda, fer seguiment de variables de fàcil recollida pot ser molt assequible, però potser no ens doni suficient informació de com està evolucionant el conjunt. Convé, doncs, seleccionar algunes variables, espècies o comunitats que puguin funcionar com a indicadors biològics dels efectes sobre el conjunt de la comunitat; també és oportú seleccionar algunes espècies emblemàtiques, la conservació de les quals tingui especial interès. Aquest seguiment ha d'anar sempre acompanyat de treballs més detallats, que permetin validar si l'elecció de les variables indicadores és l'adequada i que els resultats de la monitorització són robusts.

Una monitorització d'aquest tipus s'ha anat portant a terme aquestes darreres dècades al fons marí de les illes Medes, com també al litoral del Montgrí, amb la finalitat d'estudiar els possibles canvis com a resultat de la protecció d'aquest espai natural i d'analitzar els possibles efectes de l'excessiva freqüentació. També s'ha desenvolupat un bon nombre de projectes de recerca nacionals i internacionals, que han contribuït al coneixement del funcionament ecològic d'aquest espai natural tan conegut i admirat.

En aquesta nova monografia de la col·lecció Recerca i Territori, impulsada per la Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis, es recullen les principals conclusions de tots aquests estudis de seguiment que s'han anat realitzant al fons marí de les illes Medes i del litoral del Montgrí. L'ànim de les monografies de la col·lecció Recerca i Territori és, d'una banda, aprofundir en el coneixement del funcionament dels espais naturals i, de l'altra, ajudar a la presa de decisions per part dels responsables de la gestió d'aquests espais. Una gestió informada resulta indispensable per a la conservació de zones protegides amb una alta freqüentació, com és el cas del fons marí de les illes Medes.

Xavier Quintana

Director de la Càtedra d'Ecosistemes Litorals Mediterranis

# Àlex Lorente i les Illes Medes

L'Àlex Lorente, biòleg responsable de la part marina de les illes Medes, va patir, el dia 6 d'agost de 2012, un tràgic accident mentre practicava apnea a les seves illes estimades.

La notícia ens glaçava i ens deixava compungits i impotents. Vaig tenir el privilegi de conèixer l'Àlex des que va incorporar-se al Parc Natural. Era una persona feliç, contenta, positiva, que encarava la vida amb vitalitat i optimisme. No tenia mai un no per a ningú i esmerçava les hores que fessin falta per tirar endavant. Vivia la vida en positiu i en llibertat. Era al lloc on volia ser: al mar que envolta les illes Medes.

Amb l'Àlex, el Museu de la Mediterrània comparteix molts projectes: és l'ànima de l'exposició Les illes Medes, Mediterrània viva, que després de ser al Museu de la Mediterrània s'ha exposat a l'Estartit; és l'organitzador de l'Apadrinament de les illes Medes, que cada any es porta a terme amb l'Escola Portitxol de l'Estartit; membre actiu de La Llongada, història viva d'un poble pescador. Ens va permetre col·laborar en el llibre de fotografies El Parc Natural de les illes Medes...

Un dels seus molts mèrits era la col·laboració directa amb tothom qui feia tasques de gestió aplicada i de recerca a la part marina del Parc. Col·laborava activament amb les Beques de Recerca Joan Torró i Cabratosa i va tutoritzar el treball Estudi de la població de dofí mular de Carla Àlvarez, que va merèixer el guardó a la VII edició de les Beques. Col·laborava activament en les campanyes científiques organitzades en el marc del Parc Natural amb les Universitats de Girona, Barcelona, el Centre d'Estudis Avançats de Blanes... La seva darrera aportació va ser la col·laboració en l'edició del volum que ara teniu a les mans.

Pregunteu-ho on volgueu i veureu que a casa nostra tothom es recorda d'ell: el pescador, el gestor, l'hotelier, el personal de l'Oficina de Turisme, de l'Ajuntament, del Museu de la Mediterrània... senyal d'una feina ben feta.

Diuen que no hi ha ningú imprescindible. Al Museu de la Mediterrània no hi estem gens d'acord. Tant de bo recordem sempre que a l'Àlex li agradaria que fóssim feliços, contents, positius, vitals i optimistes tal com ell era.

Aquest seria, n'estem segurs, el seu màxim desig.

Antoni Roviras Padrós  
Director del Museu de la Mediterrània

# Quatre dècades de recerca a les illes Medes

Joandomènec Ros<sup>1</sup> i Josep Maria Gili<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

<sup>2</sup> Institut de Ciències de la Mar (ICM-CSIC), Barcelona

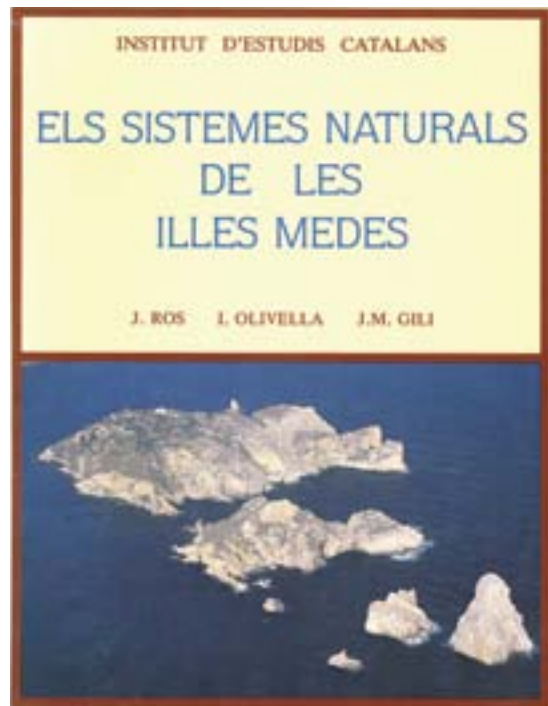




## Els antecedents

Fa exactament 30 anys, l'agost de 1982, un de nosaltres signava la presentació (Ros, 1984a) del volum *Els sistemes naturals de les illes Medes*, que no veuria la llum fins dos anys després (Ros, Gili i Olivella, 1984). Fou aquell un esforç col·lectiu important, en el que participaren 54 autors, que al llarg de més de vuit-centes pàgines, 42 capítols i una vintena de làmines i mapes desplegable explicava tot el que llavors se sabia de l'entorn físic, la flora, la fauna i les comunitats, marines i terrestres, del petit arxipèlag empordanès. L'esperó del llibre havien estat uns projectes de recerca, modestos si es comparen amb els actuals, endegats per joves llicenciats, estudiants i afeccionats que al llarg de la dècada prèvia exploraren extensivament els fons de les illes, en mostrejaren les comunitats i en feren diversos estudis faunístics, florístics i comunitaris relativament complets.

Aquella monografia, impulsada per la Institució Catalana d'Història Natural (ICHN) i publicada per l'Institut d'Estudis Catalans (IEC), fou una experiència absolutament nova i força completa per l'època. Podem dir, sense excés de cofoisme, que suposà una fita notable en el coneixement de la natura mediterrània, i en especial de les comunitats bentòniques marines. *Els sistemes naturals de les illes Medes* posava el coneixement dels poblaments del litoral mediterrani català al nivell del que es tenia en altres països de la regió (França, Itàlia, l'antiga Iugoslàvia), alhora que servia de model per als estudis que es desenvoluparien en altres litorals ibèrics. El "llibre de les Medes" rebé el Premi Crítica "Serra d'Or" de recerca en altres ciències de 1985 i fou àmpliament difós entre els principals estudiosos dels fons marins de la Mediterrània i d'arreu, que, de manera general, en lloaren l'abast i l'exhaustivitat (si bé, també de manera general, no acabaren d'entendre per què una monografia com aquella no es publicava íntegrament en anglès)<sup>1</sup>.



Però el "llibre de les Medes" era gairebé exclusivament un catàleg descriptiu, perquè només d'esquitllentes es feia alguna referència al funcionament de les comunitats, i quan això passava era sovint a partir d'estudis d'altri, especialment dels investigadors que sobretot a les costes franceses havien estudiat comunitats litorals similars. Si aquell volum gairebé enciclopèdic era una foto fixa de la flora, la fauna i les comunitats de les illes Medes, hom podria dir que des de llavors, a la zona, s'ha estat filmant el seu capteniment, en una pel·lícula (de fet, en una saga fílmica) que continua hores d'ara, i de la que aquest volum n'és un bon resum, per bé que parcial per exigències d'espai (vegeu més endavant).

<sup>1</sup> A aquestes alçades, ja no cal justificar per què hom publica monografies naturalistes d'aquesta mena en català (la ICHN, entre altres institucions, n'ha publicat un bon grapat), però sí que cal dir que bona part del contingut de la de les Medes fou publicada successivament en diferents articles a revistes i llibres d'àmplia difusió i en anglès, i fou la base per al capítol de bentos del llibre sobre la Mediterrània occidental de Margalef (1985), entre altres.

Després d'esbrinar, al llarg de la dècada de 1970, quins organismes hi havia a les illes Medes i al seu entorn i com s'organitzaven en les comunitats i els paisatges terrestres i aquàtics, hom va encetar a partir de la de 1980 l'estudi de les dinàmiques (biològiques, ecològiques) d'aquests organismes i comunitats, en bona mesura mitjançant el seguiment científic de l'àrea marina protegida (AMP), iniciat en la de 1990, amb l'ajut de plantejaments experimentals, en sa majoria *in situ* i *sub aqua*, destinats a resoldre preguntes concretes. Efectivament, al llarg dels trenta anys transcorreguts des de la publicació del llibre, i amb una perspectiva temporal que continua cap al futur, molts dels estudiosos que varen confegir aquella primera monografia i altres de nous que s'hi han anat afegint al llarg del temps s'han dedicat a estudiar el funcionament d'algunes de les espècies més representatives i de les comunitats de les illes Medes, especialment les marines i més específicament les bentòniques i demersals. Les recerques en ecologia funcional han depassat així mateix l'abast inicial, i s'han integrat en àmbits (geogràfics i científics) més amplis.

(Si la durada d'una generació humana és de poc més de 29 anys, la d'una "generació" d'investigadors és força més curta: menys d'una dècada, el període de temps transcorregut entre els inicis dels estudis universitaris i la conclusió d'un màster o d'una tesi doctoral; a més, a cada nou curs universitari s'afegeixen investigadors potencials al conjunt. L'encant de les illes Medes, el proselitisme que, volgutament o inconscient, hem sembrat i sembrem els investigadors entre els estudiants i, molt especialment, la tradició d'unes pràctiques de les assignatures marines de les llicenciatures, graus i màsters de biologia, ciències ambientals, ecologia, que, en formats diferents, s'han anat succeint des dels primers anys de la dècada de 1980 en aquell litoral i que permetien descobrir als estudiants, al llarg de tota una setmana, alhora ecologia marina i paisatges emergits i submergits, tot ha col·laborat perquè els diferents equips de recercaires s'hagin anat nodrint contínuament de saba nova.<sup>2</sup> Hom pot dir, doncs, que ja passen de la trentena les generacions d'investigadors que s'han dedicat, poc o molt, a estudiar les illes Medes des de diferents punts de vista científics, principalment els relacionats amb les ciències de la vida).

No és l'objectiu d'aquesta presentació proporcionar un llistat de les tesis de llicenciatura, màster i doctorals i dels articles científics que s'han generat al llarg d'aquestes tres dècades (quatre, si hi sumem la prèvia a la publicació de la monografia esmentada) de recerques continuades sobre la biologia de les espècies i el funcionament de les comunitats de les illes Medes, i que han portat el petit arxipèlag a compartir amb altres localitats de casa nostra ben estudiades (el Delta de l'Ebre, el Montseny, la Serra de Prades, el llac de Banyoles, l'embassament de Sau, entre altres) el mèrit de ser punt de referència internacional per a determinats tipus de recerques ecològiques. Però sí que se'n pot quantificar l'abast: una trentena de projectes de recerca nacionals i internacionals; una vintena de tesis doctorals; una vintena de tesis de llicenciatura i mestratge; un centenar i mig d'articles de recerca, la majoria publicats en revistes d'àmplia difusió internacional; mig centenar d'articles i mitja dotzena de llibres de divulgació (com aquest); una trentena llarga d'investigadors formats en la recerca a les illes Medes... Tot això a partir d'inicis ben modestos, de molt esforç personal, de la complicitat de molts

---

<sup>2</sup> Darrerament, i gràcies a un conveni del 2008 entre la Universitat de Barcelona, el Museu de la Mediterrània (Can Quintana) i l'Ajuntament de Torroella de Montgrí, aquestes activitats universitàries, que durant molts anys es desenvoluparen a precarí en diferents locals municipals o privats, es poden fer en les magnífiques instal·lacions del Museu de la Mediterrània.

amics de Torroella i l'Estartit (cal esmentar-ne un en especial: Josep Maria Llenas), de la col·laboració de l'Ajuntament de Torroella de Montgrí <sup>3</sup> i, cal dir-ho, d'una administració molt eficient dels fons i recursos aconseguits (i, evidentment, del finançament obtingut de la Generalitat de Catalunya i de les agències de recerca catalana, espanyola i europea).

## El seguiment de l'àrea protegida

A la riquesa paisatgística i la biodiversitat de les illes Medes s'hi han d'afegir altres aspectes, no menys importants, que han estat un esperó notable, en més d'un sentit, per a la recerca duta a terme al llarg d'aquests anys. En primer lloc, l'establiment de la Reserva de pesca, primer (1983) i de l'Àrea marina protegida (1990), després (reclamació social i científica des de feia molt de temps, com es fa palès en la publicació esmentada; Ros, 1984b); segonament, el seguiment científic dels resultats de la protecció (i de la visita a l'àrea protegida), que segurament és el més llarg que s'hagi fet en una àrea marina protegida de tota la Mediterrània; en tercer lloc, l'efecte sinèrgic d'aquest seguiment científic sobre altres investigacions. Vegem-ho.

Una àrea protegida, sigui terrestre o marina, és un fragment de biosfera relativament lliure d'alguns dels impactes (no pas de tots, malauradament) que les activitats humanes infligeixen en els retalls de natura que no gaudeixen de tal protecció, de manera que s'hi poden dissenyar experiments amb una certa garantia que els seus resultats no es veuran afectats ni esbiaixats per aquesta influència humana. D'altra banda, la natura és molt agraïda i, quan les pressions que hi exercim deixen d'actuar-hi, sol tornar ràpidament (amb la rapidesa que permet la dinàmica poblacional diversa de les diferents espècies, de cicle ràpid unes, parsimonioses unes altres) a una situació quasi natural, malgrat que aquesta "naturalitat" hagi estat posada en qüestió, perquè fa molts segles que explotem els recursos litorals i marins i que hem trasbalsat les seves comunitats (vegeu, p. ex., Jackson i Sala, 2001; Jackson *et al.*, 2001). Per això, l'observació continuada, al llarg del temps, dels efectes de la protecció de la zona van donar molt aviat resultats espectaculars pel que fa a la recuperació de les poblacions d'algunes espècies que abans havien estat explotades (bàsicament els peixos; vegeu-ne el capítol corresponent).

L'aspecte sinèrgic està relacionat amb el seguiment científic de l'àrea protegida (vegeu tot seguit): l'organització logística de les activitats del seguiment fou aprofitada per desenvolupar, en el mateix període temporal o immediatament abans o després d'aquelles, bona part de les activitats dels projectes de recerca centrats en l'àrea protegida; o a l'inrevés. Així s'aconseguí una eficiència elevada, amb beneficis evidents per a ambdues activitats, el seguiment i els projectes de recerca. Cal recordar la complexitat logística (ús d'escafandres, embarcacions, treball submarí, etc.) que comporten la major part dels estudis duts a terme, de manera que fer coincidir a les sortides de mar monitorització (més o menys rutinària) i experiments relacionats amb els projectes de recerca (sovint amb equips humans mixtos) suposà un aprofitament màxim dels recursos.

---

<sup>3</sup> L'abril de 1995, l'Ajuntament de Torroella de Montgrí guardonà el Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona "per haver estat estudiant des de fa molts anys les illes Medes i el seu patrimoni natural, haver-ne ressaltat els valors i haver-lo fet conèixer arreu del món".

No és possible gestionar una àrea protegida si no se saben els resultats de la seva protecció, de la visita que s'hi fa, etc. Cal fer estudis científics, repetitius i continuats en el temps per escatir aquests aspectes i modificar la gestió en funció dels resultats obtinguts. Des de 1990 i durant quinze anys, finançat primer pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya (per les direccions generals de Pesca i de Medi Natural) i posteriorment pel Departament de Medi Ambient, un equip format bàsicament per membres del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, amb la direcció formal d'un de nosaltres (JDR) i la direcció executiva de Mikel Zabala, ha estat realitzant un seguiment anual de diversos aspectes de la dinàmica ecològica d'espècies i comunitats marines selectes de l'àrea marina protegida de les illes Medes. Els resultats del seguiment es formalitzaven en sengles memòries anuals que s'oferien a l'Administració (Departament d'Ecologia, 1990-2005; Zabala, 1994; Ros, 1999).

Ultra el retiment de comptes del seguiment a les autoritats mediambientals del govern català i les recomanacions de gestió que se'n desprenien (vegeu més endavant) a les esmentades memòries, els membres de l'equip responsable del seguiment assessoraven contínuament la direcció de l'àrea protegida en afers diversos. Així, per exemple, hom va participar en la creació de les cartografies actualitzades, el programa de retirada de xarxes de pesca abandonades, els informes pericials evacuats després d'episodis de furtivisme, i el transplament de corall ver obtingut del darrer comís de coral-leig furtiu.

Amb tots aquests antecedents, se'ns escapen les raons, si és que n'hi ha, per les quals, des del 2005, aquest seguiment s'hagi fet de manera esporàdica i no sempre per part dels mateixos investigadors, <sup>4</sup> la qual cosa n'ha alterat la metodologia (és molt important que aquesta sigui repetitiva per permetre la comparació al llarg del temps) i a ben segur la utilitat de les sèries temporals de dades obtingudes fins llavors.

La monitorització de l'AMP de les illes Medes s'ha centrat des de l'inici en establir el punt zero (és a dir, la situació prèvia a la protecció, gairebé sempre referida a zones costaneres no protegides equivalents a les de les illes) i a estudiar els possibles canvis com a resultat de la protecció (l'anomenat efecte reserva) i de la visita augmentada a la zona, ja sigui de barques, de creuers o, sobretot, d'escafandristes (l'efecte freqüentació). Aquest seguiment és fonamental per tal d'escatir si la gestió de l'àrea protegida dóna els resultats esperats i, en cas contrari, poder oferir a l'Administració recomanacions de gestió de la zona protegida fonamentades en estudis científics (Zabala, 1994; Polunin, 2000; Goñi *et al.*, 2000; Múgica i Gómez-Limón 2002; Ros, 2002; etc.).

Tal com s'ha esmentat, els efectes de la prohibició d'explotació pesquera i marisquera d'ençà de l'establiment de la reserva de pesca primer i de l'àrea protegida després havien de ser aparents al poc temps, donada la "generositat" de la natura, i hauria de ser força fàcil posar-los de manifest.

La mida relativament molt petita de l'arxipèlag de les illes Medes, l'accés fàcil des de terra (són situades a una milla de la costa de l'Estartit) i a distàncies fàcilment franquejables des d'altres poblacions costaneres),

---

<sup>4</sup> L'equip que ha estat duent a terme el seguiment de les illes Medes al llarg de quinze anys ha estat requerit per desenvolupar monitoritzacions similars en altres àrees protegides de la Mediterrània, a les costes franceses, italianes i espanyoles, cosa que suposa un reconeixement internacional de la bona tasca efectuada en el seguiment de l'AMP de les illes Medes. Resulta del tot incompreensible que, en canvi, l'Administració catalana hagi rebaixat el nivell d'exigència del seguiment, l'hagi encomanat a una empresa privada i no n'asseguri totalment la continuïtat. Esperem que en un futur immediat això pugui canviar.

i la pressió de freqüentació (molt alta, com s'ha esmentat, per la bellesa dels fons marins i per la ràpida recuperació de les comunitats, especialment les de peixos), tot això atreu anualment gran quantitat d'escafandristes de tot el món, que realitzen en les seves aigües un nombre elevat d'immersions, el més gran (en termes absoluts i relatius) de qualsevol de les AMP de la Mediterrània. Els fondals més atractius per als escafandristes són molt concrets: els túnels, coves i penya-segats submarins plens de gorgònies, i els blocs entre els quals els neros hi estableixen caus i territoris, de manera que l'erosió (involuntària o volguda) dels poblaments sèssils (els gorgonaris i el coral-ligen en general) i l'alteració del comportament dels peixos (als que sovint se'ls ofereix menjar) són importants. També calia avaluar aquest efecte de la freqüentació submarina, al que cal afegir el de l'ancoratge d'embarcacions sobre fons fràgils (coral-ligen, praderia de *Posidonia*) i, darrerament, l'explotació furtiva de peixos i corall.

¿Com quantificar tot això? El disseny del seguiment de l'àrea protegida es va fer considerant diferents blocs d'estudi i plantejant un enfocament a diversos nivells: espècies i comunitats importants des del punt de vista ecològic i/o emblemàtiques, o bé que poden funcionar com a indicadores biològiques d'efectes generals sobre la comunitat; i també intentant diferenciar clarament els dos tipus d'efectes assenyalats (reserva i freqüentació) o altres, si n'hi hagués.

Amb aquesta finalitat, hom ha estudiat, al llarg dels anys, en alguns casos de manera continuada (la qual cosa ha fornit sèries de dades temporals molt interessants), en altres de forma més limitada (perquè es tractava d'espècies molt parsimonioses, com el corall, o bé perquè l'efecte de la protecció i/o la freqüentació es va poder demostrar molt aviat), els següents organismes i comunitats: l'herbei de *Posidonia oceanica*, en especial la mateixa altina i algunes espècies animals que li són pròpies; la comunitat de macròfits (algues macroscòpiques); la gorgònia camaleó (*Paramuricea clavata*); les garotes (en especial *Paracentrotus lividus*); els peixos, especialment les espècies vulnerables (anfós, etc.); la llagosta (*Palinurus elephas*); el corall vermell o ver (*Corallium rubrum*); els briozous (especialment *Pentapora fascialis*), com a indicadors d'erosió en el coral-ligen; i els primers anys, abans de disposar de les dades provinents del seguiment que en fa l'Administració, la freqüentació submarina. D'aquests organismes i comunitats se n'escatia l'abundància, la mida, la distribució en classes d'edat i altres paràmetres demogràfics i biològics (vegeu-ne el detall en els diferents capítols del llibre), sempre per mètodes incruents.

Els resultats del seguiment obtinguts al llarg d'aquests anys s'han anat oferint al gestors de l'àrea protegida en les diverses memòries anuals, han vist també una difusió més gran en forma d'articles científics diversos i, així mateix, formen part del bloc majoritari de capítols d'aquest llibre, i no els repetirem pas aquí, però sí que se'n pot fer un breu resum, que ens servirà d'introducció de l'apartat següent.

Determinades zones submarines de les illes Medes, aquelles que reben una visita més multitudinària, estan literalment calcigades, i les espècies i comunitats més emblemàtiques dels fons de les illes (el coral-ligen, els boscos de gorgònies, les coves, el coral vermell, les algues calcàries, els briozous) ofereixen clars senyals de degradació. A les zones més concorregudes hom ha estimat que els danys produïts per arrabassament voluntari o "trepig" involuntari a la gorgònia vermella, un cnidari de creixement molt lent, poden eliminar les seves poblacions en un termini d'una o dues dècades. L'anar i venir continu de les embarcacions, les deixalles que hi aboquen, la contaminació, l'efecte de les àncores sobre l'herbei de *Posidonia* (malgrat que hi ha des de fa uns anys un sistema de boies d'ancoratge que no tothom utilitza),

així com la pesca furtiva d'algun pescador submarí, temptat per la major abundància de peixos, i la recollecció il·legal de corall ver (malgrat que l'extracció d'aquest gorgonari és il·legal en l'àrea protegida i, en qualsevol cas, la mida que hi assoleix és clarament inferior a la permesa), són altres tantes amenaces a la integritat d'una àrea protegida que està patint, precisament, el resultat de la seva fama.<sup>5</sup>

Hi ha efectes positius, també, és clar, per bé que aquests tenen una doble lectura. El nombre d'espècies de peixos (sobretot de les més vulnerables davant la pesca), el nombre d'individus de les seves poblacions i la grandària de la majoria d'espècies han augmentat, en alguns casos espectacularment. I els peixos són menys esquius, no fugen dels escafandristes o encara s'hi acosten a la recerca de menjar. Els neros, els llobarros i les orades, entre moltes altres espècies que s'havien fet rares, són tan abundants com segurament ho eren abans de la pràctica de la pesca tradicional i de la caça submarina, i arriben a grandàries que els bussejadors més veterans no recorden haver vist mai. Les espècies protegides, doncs, prosperen. Però la proporció de peixos grans i mitjans és excessiva en relació als peixos petits: en assolir certa mida, els peixos són menys proclius a ser depredats pels seus depredadors naturals, que prefereixen els animals de mides més petites.

Alternativament, la reducció en la proporció de peixos de classes de mida petites indicaria que la reserva funciona bé com a disseminadora de juvenils a les aigües adjacents (l'efecte vessament de larves i juvenils als fons immediats de l'àrea protegida), però no hi ha estudis fiables d'aquest efecte. D'altra banda, la recuperació de les poblacions d'espècies territorials, com els neros, implica que s'ha arribat a la capacitat de càrrega de la zona: tots els territoris ja són ocupats, i els mascles més vells són foragitats pels més joves, de manera que la mida màxima que assoleixen els neros és inferior a la que tenien en el passat, amb una població molt més reduïda. També, algunes espècies de peixos han substituït l'home en la seva acció depredadora: no només els peixos grans es mengen (o foragiten) els petits, sinó que, per exemple, les orades exploten els musclos que creixen sobre les roques amb molta més eficàcia que no ho feien els éssers humans (quan no hi havia la prohibició de recollecció). També les garotes, herbívors per excel·lència, veuen reduïdes les seves poblacions pels peixos depredadors, i la seva acció sobre els tapissos algal disminueix, fins al punt que el que abans de la protecció eren blancalls (extensions desproveïdes d'algues carnosos i en les que només les calcàries i incrustants resistien el brostejament de les garotes) són ara, en bona part dels fons de les illes Medes, prats ufanosos d'algues, poblats de la munió d'invertebrats que l'estructura tridimensional d'aquestes permet. Però la protecció també afavoreix les salpes, herbívores, que tenen l'efecte contrari sobre el poblament algal...

## Les dificultats

Tot aquest resum apressat, que el lector trobarà desenvolupat in extenso en els capítols següents, s'esmenta per remarcar com és d'important el seguiment científic d'una àrea protegida (en aquest cas la de les illes Medes, i actualment la de la costa del Montgrí) per posar de manifest els efectes de la protecció

---

<sup>5</sup> Cal remarcar que el capteniment dels pescadors artesanals de la zona és en general respectuós amb les limitacions d'extracció que són norma a l'AMP, mentre que no es pot dir el mateix de la pesca submarina o de la pesca esportiva.



i de la freqüentació, entre d'altres (Zabala, 1993; Polunin, 2000; Goñi *et al.*, 2000; Ros, 2002; etc.). És per això, naturalment, que la Generalitat de Catalunya endegà fa més de dues dècades aquest seguiment. Els estudis de monitoratge han estat finançats des del primer dia per l'Administració autonòmica, responsable de la gestió de l'àrea protegida de les illes Medes, i els resultats del mateix seguiment haurien de servir, precisament, perquè l'Administració reexaminei contínuament la seva estratègia de maneig de la reserva, tot tenint en compte la seva capacitat de càrrega –bàsicament el nombre d'immersions anuals o diàries i d'embarcacions que hi duen escafandristes–, així com la vigilància que assegurí que es compleix la normativa de no extracció de peix, marisc i corall; tot això per tal que l'àrea protegida mantingui la seva integritat i no es produeixi un deteriorament ambiental com l'assenyalat.

Però heus aquí que l'Administració no ha adoptat clarament totes les mesures restrictives que, des del punt de vista de la gestió responsable, els estudis aconsellen: sovint, les recomanacions sorgides del seguiment científic, adreçades a modificar algunes de les pautes de la gestió de l'àrea protegida, no han trobat el ressò adient en l'administració gestora, que les ha ignorat parcialment o total; això planteja dubtes sobre la utilitat del seguiment ecològic en si, que no només forneix resultats d'interès acadèmic, sinó dades serioses amb les que establir les eines de gestió i modificar-les, si cal, a la vista dels seus resultats.

Com a resultat final dels estudis de seguiment anual (Departament d'Ecologia, 1990-2005), hom pot llegir, en els corresponents capítols finals de conclusions i recomanacions de gestió, un any i un altre, frases com les següents (extretes en concret de les memòries de 1999 i 2001):

“[És] urgent el ja antic suggeriment de **traslladar al Montgrí el sistema de gestió del fondeig... a zones amb gorgònia roja (boies fixes; prohibició de llençar l'àncora) de què ja gaudeixen les Medes.** Però aquest suggeriment no resol més que parcialment el problema. La mortalitat de les gorgònies a les zones molt visitades [es deu] a l'impacte causat per una freqüentació excessiva sobre la fauna bentònica sèssil... Si existeixen altres criteris, aliens a la conservació, que desaconsellin ignorar les nostres recomanacions és quelcom que escapa a la nostra consideració (encara que la Llei 19/1990 <sup>6</sup> és molt explícita en aquest sentit), però mai els gestors no podran reclamar evidències més explícites del fet que els límits raonables de la prudència per a una gestió sostenible d'un espai protegit estan essent vulnerats. [Per això] refermem la nostra proposta de **reduir sensiblement la freqüència actual de les visites subaquàtiques fins als nombres que sempre hem cregut més apropiats... la capacitat de càrrega òptima per al busseig a l'actual zona estrictament protegida de les illes Medes ha de situar-se al voltant de 100 visites per dia. La xifra límit, que no hauria de ser superada en cap circumstància, se situaria en 200 visites per dia... A més, aquestes visites han de realitzar-se imperativament acompanyades per un guia propi de la Reserva** que conegui els itineraris més aconsellables, i no per monitors forans desconexedors del lloc. El nombre d'escafandristes en cada grup també resulta important, i la proposta més prudent situaria en cinc el nombre de visitants per cada guia... suggerim que es revisi profundament la forma com s'adjudiquen aquestes concessions [per a la immersió a les illes] i, en concret, les condicions exigides per a la realització del busseig amb escafandre autònom (en el sentit esmentat).

---

<sup>6</sup> Llei 19/1990, de 10 de desembre, de conservació de la flora i la fauna del fons marí de les Illes Medes.

“Durant l’hivern de 1999-2000 <sup>7</sup>, l’extracció furtiva de corall ha continuat davant la passivitat o la incapacitat dels cossos de vigilància per aturar una activitat que havia estat detectada i denunciada més d’un cop... La recomanació... exigeix **reforçar les mesures de vigilància contra l’extracció furtiva de corall, sobretot durant els mesos hivernals... [i] dur a terme les gestions necessàries per garantir la coordinació amb altres cossos de seguretat...** perquè col·laborin en les tasques de vigilància.

“...no és impossible explicar [les] variacions [en les abundàncies o les mides de les espècies de peixos vulnerables] en funció d’una pesca esportiva regular, encara que no hagi estat detectada per la guarderia de la reserva... **hi ha indicis suficients per a suggerir que el sistema de vigilància aplicat a les illes Medes és insuficient, i s’exerceix en èpoques i hores que, en ser les de màxima afluència, no resulten les més adequades per combatre les pràctiques furtives...** Els gestors responsables d’aquest patrimoni natural han d’entendre que el risc de ser espoliat, talment com succeeix amb el patrimoni artístic, augmenta a mida que creix el seu valor... La facilitat per escometre impunement una “rendible” captura de peixos a les illes Medes, a plena llum del dia, és tan palesa que hom s’estranya que aquests fets no s’hagin produït amb més freqüència. Aquestes observacions, que vénen de molt antic, han estat trameses reiteradament als gestors a través del Consell Assessor i si no havien estat traslladades a paper imprès fins avui era per un criteri de prudència i per la manca d’evidències explícites... **recomanem la reconsideració de tot el pla de vigilància de la Reserva, l’assignació de més recursos humans i materials (embarcacions), l’aplicació de torns diürns i nocturns, regulars i irregulars de vigilància, i de les nombroses tècniques que sens dubte existeixen per lluitar contra aquesta forma específica de delictes.**

“[Si hom avalua] l’evolució d’aquest patrimoni per referència als valors de qualitat que mostrava en 1991, quan es varen posar en marxa de forma rutinària la majoria dels controls... un bon nombre de casos en què el balanç numèric final [el 2001] és negatiu ens avisen que no tot ha anat bé durant aquests anys a les Medes. Encara més... hem de convenir que hi ha massa coses que van malament... la nostra perspectiva és avui molt més contundent que fa uns anys: **hi ha evidències manifestes que la AMP de les illes Medes no està reeixint en l’objectiu de capitalitzar patrimoni [natural] en termes absoluts en alguns dels indicador estudiats.**

“...podem atribuir aquesta evolució negativa a **tres tipus de causes:** 1) ...l’erosió involuntària produïda per unes quotes de freqüentació excessiva... 2) ...la vigilància insuficient [que] no aconsegueix evitar [el] **furtivisme...** (el corall vermell... i potser algunes espècies de peix i les llagostes [en] serien els perjudicats); 3) ...la **mida insuficient de l’espai protegit...**

“...**els dos primers [tipus de causes] cauen plenament dins de les competències dels òrgans de gestió de l’espai i són plenament abordables amb els recursos actuals.** El tercer obligaria a replantejar la filosofia global d’espais litorals protegits a Catalunya...”

¿Com explicar el fet que l’Administració no acabi de fer cas a les recomanacions dels estudis que ella

---

<sup>7</sup> I en diverses ocasions posteriors.



mateixa finança? És clar que els sectors més clarament beneficiats amb l'èxit de la reserva (clubs de busseig, hotels, comerç que depèn del turisme, etc.) són poc inclinats a reduir la pressió d'immersió, d'ancoratge, de visita en suma, perquè viuen de la visita a les illes Medes. I al mateix temps, l'auge del turisme relacionat amb la immersió i la visita en general de l'àrea protegida genera una demanda de recursos gastronòmics que afavoriria el furtivisme esmentat. I aquests sectors tenen cada cop més pes i actuen com a grup de pressió; si hi afegim una certa gasiveria en el finançament de les àrees protegides del país en general i d'aquesta en particular (Consell de Protecció de la Natura, 2011), agreujada per les dificultats econòmiques actuals pel que fa a la protecció ambiental, la problemàtica està servida.

La coexistència de diferents rols en els investigadors de l'equip del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona responsable del seguiment científic de l'àrea marina protegida de les illes Medes ha estat complexa, quan no difícil. Efectivament, sovint algunes de les mateixes persones que duïen a terme, per encàrrec de la Generalitat, l'estudi científic dels efectes de la protecció i de la visita a l'àrea protegida de les Medes, i que havien de preparar els informes anuals dels resultats del seguiment, amb les conclusions i recomanacions a l'Administració per tal de millorar-ne la gestió, formaven part del Consell Assessor de l'AMP, on havien de defensar aquestes conclusions davant de la resta de membres del consell (l'Administració i els diferents sectors interessats en l'AMP, en la seva majoria els seus explotadors: hotelers, clubs d'immersió, pescadors, etc.) i, com a biòlegs i naturalistes ells mateixos, havien de fer el paper de conservacionistes, amb l'evident enuig tant dels representants de l'Administració com dels sectors econòmics de la comarca.

Això va arribar a un extrem esperpèntic: el boicot dels clubs d'immersió de l'Estartit a omplir d'aire les bombones dels investigadors del Departament d'Ecologia (Ros, 1997), ja participessin o no en el seguiment de l'AMP. Sortosament, passats alguns mesos la situació es reconduí, però s'esmenta com a mostra de la dificultat de gestionar un patrimoni natural, la protecció del qual exigeix modificar, poc o molt, hàbits tradicionals (la pesca) o de ben recents (la immersió). La sensació que hom té, des de fa alguns anys, és que aquesta situació ha canviat, i que la percepció que pescadors, responsables de clubs d'immersió i altres tenien abans dels científics, en el sentit que els veïen com uns intrusos que els volien retallar les seves llibertats i alterar els seus costums, ja no és majoritària. Efectivament, hom ha engegat alguns programes conjunts amb els pescadors i la direcció de l'àrea protegida; el seguiment de les captures, el marcatge de peixos (com l'orada) amb tècniques de telemetria per escatir-ne els moviments o la recuperació de xarxes abandonades que malmeten els fons en són exemples. També amb els centres d'immersió hi ha més bona entesa: els seus monitors ens consulten afers relacionats amb la reserva o ens avisen en ocasió d'observacions d'interès biològic (per exemple, el moment de reproducció de les gorgònies).

Bona part d'aquesta millor entesa i l'endegament de tasques conjuntes en pro del bon funcionament i de la integritat de l'AMP es deu a una més gran coneixença mútua entre els agents locals i els biòlegs responsables del seguiment, assolida al llarg dels molts anys d'aquest, així com també al fet que des de fa almenys dues dècades el Departament d'Ecologia desenvolupa anualment en diversos punts del litoral de l'Estartit, al llarg de tot un mes, pràctiques de mar i laboratori per a estudiants de diferents ensenyaments universitaris, com s'ha esmentat abans. Però també, en gran mesura, a la bona gestió del malaguanyat Àlex Lorente, tècnic responsable els tres darrers anys de l'Àrea protegida del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter, que perdé la vida aquest estiu, precisament en aigües de les illes Medes.

## Altres recerques a les illes Medes

El llibre que ara teniu a les mans està constituït per dues parts; la primera i central, amb els capítols que tracten els temes relacionats amb el seguiment a què abans s'ha fet referència, i la segona, amb dos capítols més generals. En la primera es torna a confeccionar el mapa bionòmic (és a dir, de les comunitats naturals) de l'espai submergit del Parc Natural, 30 anys després de fer-ne el primer. Aquest és més acurat que el de llavors, és clar: les metodologies emprades són força diferents (per exemple, ¿qui disposava de GPS, o de sonda multifeix, per obtenir batimetries precises als anys setanta?), i el coneixement dels fons ha millorat molt, a causa precisament de les activitats de recerca i seguiment continuades al llarg d'aquests anys. Mentre que, a grans trets, els mitjans disponibles per a la prospecció dels fons marins de les illes han permès precisar millor el seu patrimoni natural, també de manera genèrica es pot dir que el paisatge submarí ha canviat relativament poc, si hom exceptua les variacions esmentades com a resultat de la protecció i els efectes dels episodis de mortaldat en massa. Precisament, la comparació de transectes fotogràfics fets al llarg de gradients batimètrics dels fons de les illes Medes fa més de dues dècades i en l'actualitat, ha permès detectar alguns d'aquests canvis (Martínez-Ricart *et al.*, 2012).

El capítol final és una excel·lent recopilació de com han anat canviant tant els usos com la gestió de l'espai protegit, i forneix una visió molt acurada de la manera com la societat humana d'una localitat costanera aprofita la declaració de zona protegida d'una part del seu territori i les seves implicacions socioeconòmiques per capgirar completament (i a l'alça) la seva economia i altres atots socials.

S'ha fet referència, en començar, a l'extensió enciclopèdica del "llibre de les Medes"; aquest llibre no ho és, d'enciclopèdic, volgutament, i presenta una selecció ben pensada dels principals resultats d'algunes de les línies de recerca, bàsicament les del seguiment de l'AMP. Però mentre que l'esmentada selecció dóna una idea molt precisa d'allò que s'ha fet en recerca, no exhauereix, ni de bon tros, totes les investigacions que s'han dut a terme a les illes Medes i la costa del Montgrí d'ençà de la publicació de Ros *et al.*, (1984). (Hi hagué, també, molts experiments que no funcionaren, però que serviren per dissenyar millor altres recerques, que sí que ho feren.) Seria injust no fer-ne esment, encara que sigui de manera apressada i molt resumida, entre altres coses per substanciar l'afirmació feta més amunt que l'arxipèlag s'ha convertit al llarg d'aquestes quatre dècades en punt de referència de la recerca en ecologia marina a tota la Mediterrània i enjondre.

Entre aquests àmbits de recerca, podem esmentar els següents:

- Distribució de determinades espècies en resposta a factors ambientals; distribució a petita escala i relació entre espècies, substrat i gradients ambientals (profunditat, hidrodinamisme, substrat, etc.); distribució a escala mitjana; distribució i variació en el temps, tant al llarg del cicle estacional (anual) com al llarg de períodes més extensos (plurianual). Un dels avantatges del seguiment rutinari i repetitiu és que hom acaba disposant de "fotos fixes" (per seguir amb el símil inicial) de molts anys successius, que són molt informatives.
- Ecologia tròfica: Estudis sobre dieta, captura de preses, alimentació en diferents grups d'invertebrats i vertebrats.

- Estudis sobre les interaccions tròfiques entre grups i l'efecte cascada, i desenvolupament de models.
- Balanços energètics complets (esforç reproductor, taxa de creixement, alimentació, excreció, respiració) de diferents espècies.
- Estudis integrats d'ecosistemes singulars: les coves.
- Biomassa i producció a l'escala de l'ecosistema.
- Producció i fisiologia de macròfits.
- Demografia: Creixement, mortalitat natural, evolució de l'estructura de mides (edats); reproducció i reclutament. Mortalitat parcial, fusions i fissions (en organismes colonials). Controls demogràfics in situ. Models demogràfics.
- Estructura de la població, alimentació, reproducció i reclutament, demografia, genètica, etc. d'espècies selectes: el corall ver i la gorgònia vermella.
- Primeres fases de la successió ecològica; dinàmica de comunitats a llarg termini.
- Sèries fotogràfiques de parcel·les permanents: comparació seqüencial en períodes curts (anual). Anàlisis de sèries fotogràfiques a llarg termini (decadal).
- Caracterització del medi: característiques físiques, químiques, geològiques i biològiques de la columna d'aigua; interacció amb els corrents; estudis a molt alta resolució, espacial i temporal, per conèixer les característiques ambientals a microescala.
- Composició bioquímica: identificació de senyals moleculars com a indicadors de l'estat de salut (proteïnes d'estrès).
- Episodis de mortalitat massiva de suspensívors, a gran escala i també en altres localitats mediterrànies. Seguiment del canvi tèrmic.
- Recuperació de poblacions (gorgònies, corall).
- Ictioplàncton de l'entorn de les illes.
- Seguiment científic de la reserva.

De la majoria d'aquestes recerques se'n parla en els capítols del llibre, extensament o resumida, i se'n donen les referències bibliogràfiques corresponents; però esmentarem breument altres blocs de recerca que també s'han desenvolupat en l'àmbit de l'àrea protegida de les illes Medes i el seu entorn, i que no corresponen totalment als capítols d'aquesta publicació.

Hom pot esmentar, per exemple, l'aproximació al coneixement integrat de les coves submarines de les illes, amb dissenys experimentals molt originals tant per estudiar-ne els marcs físic i ambiental (Gili *et al.*, 1986; Zabala *et al.*, 1989) com els organismes que les habiten. Són especialment remarcables els treballs sobre les poblacions de misidacis que entren i surten diàriament de les coves i col·laboren en el transport de matèria orgànica cap al seu interior (Riera *et al.*, 1991; Carola *et al.*, 1993; Coma *et al.*, 1997). Una altra comunitat que va rebre una atenció especial fou l'anomenat trottoir del mediolitoral, on es varen fer estudis molt detallats a petita escala dels seus pobladors (Cardell i Gili, 1988).

Alguns estudis en comunitats bentòniques de les illes Medes varen ser pioners en la utilització de metodologies poc emprades en comunitats bentòniques, com les esmentades en el capítol sobre el coral·ligen per estudiar l'ecologia tròfica dels invertebrats bentònics, però també les que empraren tècniques bioquímiques per conèixer l'estat biològic d'algunes espècies, com les gorgònies (Rossi *et al.*, 2006). També

s'iniciaren estudis molt detallats sobre la biologia i l'ecologia d'algunes espècies, amb un enfocament més experimental dels treballs de camp; hom pot esmentar els estudis sobre hidraris i gorgònies (Barangè i Gili, 1988; Cardell, 1990; Conradi *et al.*, 2004; Rossi *et al.*, 2011).

L'excel·lent coneixement de les poblacions d'alguns grups d'organismes de les illes Medes, com les gorgònies, les esponges i les algues, han permès estudis comparats amb les poblacions d'altres localitats, mediterrànies o no (Ros, 1985; Maldonado i Uriz, 1995; Pérez-Portela *et al.*, 2007). Entre els primers destaquen els referits a poblacions de les illes Medes i a d'altres de properes o més llunyanes com el cap de Creus, les illes Columbretes o el cap de Palos (Martí *et al.*, 2005; Tsounis *et al.*, 2006; Gori *et al.*, 2007). Altres treballs s'han fet utilitzant poblacions



i organismes recollits a les illes Medes, aprofitant l'avinentesa que es podien subministrar amb facilitat per part dels investigadors que hi treballaven (serveixin d'exemple Hughes *et al.*, 1991; Ereskovsky i Boury-Esnault, 2002; Rosell i Uriz, 2002; Lombarte i Cruz, 2007; Rius i Zabala, 2008; Pisera i Vacelet, 2011).

El seguiment científic de l'àrea protegida de les illes Medes no només ha actuat de manera sinèrgica en afavorir el desenvolupament de recerques com les que s'esmenten, sinó que ha estat també serendipítos, en el sentit que ha permès troballes inesperades. Una d'elles és l'episodi de recol·lecció furtiva de corall ver, precisament en una de les parcel·les estudiades per l'equip del seguiment (vegeu el capítol sobre el coral·ligen); una altra és l'observació, per primer cop en una latitud tan septentrional de la Mediterrània com les illes Medes, del comportament de fresa de l'anfós (Zabala *et al.*, 1997a, 1997b), provocada segurament per l'escalfament de les aigües causat pel canvi climàtic.

Mentre que hom pot dir que les comunitats del bentos i els peixos han estat ben estudiats a l'AMP de les illes Medes, no passa el mateix amb les comunitats planctòniques i amb els processos biològics a la columna d'aigua. Hi ha, però, alguns estudis de gran interès especialment pel fet d'estar relacionats amb aspectes molt estudiats en altres zones, com són les fases larvàries planctòniques dels peixos (Sabatés *et al.*, 2003), però encara sabem poca cosa del plàncton de la zona. També queda encara molt per fer per conèixer la dinàmica del material particulat o el transport de matèria orgànica i la seva deposició, encara que hi ha algun estudi previ que indica que les illes Medes són una zona d'alta productivitat en un context mediterrani (Rossi *et al.*, 2003). Això referma la proposta feta arran de la publicació del "llibre de les Medes", de potenciar la zona des del punt de vista de la recerca, donada la seva singularitat i biodiversitat, atots als que ara pot afegir-s'hi la productivitat.

Recentment, hom ha considerat les illes i l'àrea protegida com un model de gestió dels espais marins protegits de la Mediterrània, ja sigui a partir dels increments de les poblacions de peixos i de la seva biomassa (Harmelin *et al.*, 1995), o de les pesqueres artesanals de la zona (Stelzenmüller *et al.*, 2007, 2008),

i fins i tot, amb una perspectiva més àmplia, considerant les zones de la plataforma aigües enfora de les illes (Goñi *et al.*, 2008; De Juan *et al.*, 2009; Merino *et al.*, 2009).

## El futur

Com acabem de veure, a les recerques dutes a terme en els fons de les illes Medes i el seu entorn, hom va passar progressivament dels inventaris biòtics a la cartografia bionòmica, i d'aquesta, al seguiment de la resposta d'algunes espècies i comunitats selectes a la protecció de la zona (i a algunes de les seves conseqüències socials, com l'augment espectacular de l'atractiu de les illes envers la població local i forana). Paral·lelament, hom encetà diversos estudis que pretenien escatir la biologia i l'ecologia d'espècies concretes, la dinàmica de poblacions i comunitats, la interacció entre els organismes i el seu medi. ¿S'ha exhaurit, al llarg de quatre dècades, el potencial de la zona de fornir noves línies de recerca (o velles, per abordar-les amb eines i criteris nous)? Estem convençuts que no.

La recerca a l'àrea protegida de les illes Medes (i, des de fa uns anys, al Montgrí immediat) no s'acabarà: per definició, la recerca científica consisteix a substituir contínuament paradigmes que creïem bons per altres que, ara sí (o així sembla), descriuen de manera adient (però momentània) l'estructura i el funcionament de la natura, i que acabaran sent canviats per altres paradigmes que tindran també una vigència limitada. Les illes Medes s'han convertit en un centre d'interès i de referència a la Mediterrània tant per la quantitat i qualitat dels estudis que s'hi han fet com pels canvis positius que s'han esdevingut a la zona gràcies a la declaració d'àrea marina protegida. No es pot malbaratar aquest patrimoni científic, no només en benefici de la ciència ecològica, sinó, en especial, per com aquests estudis ens ajuden a comprendre millor la natura i ens permeten gestionar-la millor i conservar-ne la biodiversitat.

Ara fa trenta anys, la presentació del "llibre de les Medes" acabava amb dues consideracions que pot ser interessant recordar aquí (Ros, 1984a). La primera era un parió entre aquella monografia i un llibre similar (Rützler i McIntyre, 1982), promogut per una institució científica americana i centrat en els ecosistemes naturals d'un dels cayos de Belize, i se'n deduïa que ambdós productes no presentaven gaire diferències pel que feia a l'entusiasme dels autors i a la bondat del resultat; en canvi, el fet de comptar amb un laboratori de recerca estable i un finançament generós separava clarament el grup americà del nostre. A tres dècades de distància, però, aquestes dissimilituds s'han esvaït: els mateixos fons de les Medes (i un local llogat a l'Estartit a un amic que ens ha fet sempre condicions immillorables) i els centres de recerca implicats en el seguiment, així com els altres projectes de recerca, han constituït els laboratoris adients per desenvolupar-hi les investigacions que aquí tot just s'han esbossat. I el finançament, que mai no és suficient, ha estat prou important com per permetre fer (gairebé) tot el que volíem.

La segona consideració serà sobrerera quan el lector acabi de llegir aquesta presentació i comenci a endinsar-se en els diferents capítols del llibre. Comprovarà el caràcter profètic d'allò que es deia en acabar

la presentació del primer “llibre de les Medes”: “Aquest estiu he tornat a les illes Medes... he gaudit de la immersió... però, sobretot, he fruit de la companyia i de la conversa dels col·legues del grup de bentos de Departament d’Ecologia. M’han parlat de llurs projectes futurs [en bona mesura els que es descriuen en aquesta monografia]... M’han engrescat i... m’han fet adonar, també... que el llibre de les illes Medes no és l’obra magna que clou una etapa de recerques, sinó la primera d’una sèrie de monografies sobre les illes que, de segur, necessitarem fer... cada qui sap quants anys.” (Ros, 1984a). Hem trigat tres dècades, però heus aquí el segon “llibre de les Medes”. Llegiu-lo, gaudiu-ne... i prepareu-vos per al proper.

Barcelona, octubre de 2012

## Referències

- Barangé M, Gili JM (1988) Feeding cycles and prey capture in *Eudendrium racemosum* (Cavolini, 1785). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 115: 281-293.
- Cardell MJ (1990) Ecological characteristics of a population of *Fabricia sabella* (Ehrenberg) (Polychaeta Sabellidae) in the “trottoirs” of *Lithophyllum tortuosum* Foslíe. *Scientia Marina* 54: 305-310.
- Cardell MJ, Gili JM (1988) Distribution of a population of annelid polychaetes in the “trottoir” of the midlittoral zone on the coast of North-East Spain, Western Mediterranean. *Marine Biology* 99: 83-92.
- Carola M, Coma R, Riera T, Zabala M (1993) Fecal pellets collection as a method for assessing egesta of the marine cave-dwelling mysid *Hemimysis spelunca*. *Scientia Marina* 57: 51-63.
- Coma R, Carola M, Riera T, Zabala M (1997) Horizontal Transfer of Matter by a Cave-Dwelling Mysid. *PSZN I Mar Ecol* 18: 211-226.
- Consell de Protecció de la Natura (2011) Nous reptes en la conservació dels espais naturals i de les espècies. Informe per a la Generalitat de Catalunya.
- de Juan S, Demestre M, Thrush S (2009) Defining ecological indicators of trawling disturbance when everywhere that can be fished is fished: A Mediterranean case study. *Marine Policy* 33: 472-478.
- Departament d'Ecologia (1990-2005) *Seguiment temporal de la Reserva Marina de les Illes Medes. Informes anuals*. Subdirecció General de Conservació de la Natura. Departament de Medi Ambient.
- Ereskovsky A, Boury-Esnault N (2002) Cleavage pattern in *Oscarella* species (Porifera, Demospongiae, Homoscleromorpha): transmission of maternal cells and symbiotic bacteria. *Journal of Natural History* 36: 1761-1775.
- García A, Zabala M (1990) Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean). *Scientia Marina* 54: 317-328.
- Garrabou J, Sala E, Arcas A, Zabala M (1998) The Impact of Diving on Rocky Sublittoral Communities: A Case Study of a Bryozoan Population. *Conservation Biology* 12(2): 302-310.
- Gili JM, Riera T, Zabala M (1986) Physical and Biological gradients in a submarine cave on the Western Mediterranean coast (north-east Spain). *Marine Biology* 90: 291-297.
- Goñi R, Adlerstein S, Alvarez-Berastegui D, Forcada A, et al. (2008) Spillover from six western Mediterranean marine protected areas: evidence from artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress Series* 366: 159-174.
- Goñi R, Harmelin-Vivien M, Badalamenti F, Le Diréach L, Bernard G. (eds.) (2000) *Introductory Guide for Selected Ecological Studies in Marine Reserves*. GIS Posidonie. Marsella.



Gori A, Linares C, Rossi S, Coma R, Gili JM (2007) Spatial variability in reproductive cycle of the gorgonians *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis* (Anthozoa, Octocorallia) in the Western Mediterranean Sea. *Marine Biology* 151: 1571-1584.

Harmelin JG, Bachet JG, Garcia F (1995) Mediterranean Marine Reserves: Fish Indices as Tests of Protection Efficiency. *Marine Ecology* 16: 233-250.

Hughes RG, Johnson S, Smith ID (1991) The growth patterns of some hydroids that are obligate epiphytes of seagrass leaves. *Hydrobiologia* 216/217: 205-210.

Jackson JB, Sala E (2001) Unnatural Oceans. In: *A Marine Science Odyssey into the 21st Century* (Gili JM, Pretus JL, Packard TT, eds.): 273-281. *Scientia Marina* 65 (suppl. 2).

Jackson JBC, Kirby MX, Berger WH, Bjorndal KA, Botsford LW, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke R, Erlandson J, Estes JA, Hughes TP, Kidwell S, Lange CB, Lenihan HS, Pandolfi JM, Peterson CH, Steneck RS, Tegner MJ, Warner RR (2001) Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293: 629-638.

Lombarte A, Cruz A (2007) Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. *Journal of Fish Biology* 71: 53-76.

Maldonado M, Uriz MJ (1995) Biotic Affinities in a Transitional Zone Between the Atlantic and the Mediterranean: A Biogeographical Approach Based on Sponges. *Journal of Biogeography* 22: 89-110.

Margalef, R. (ed.). 1985. *Western Mediterranean*. Pergamon Press. Oxford, etc. (hi ha versió castellana de 1989: *El Mediterráneo Occidental*. Omega. Barcelona).

Martí R, Uriz MJ, Ballesteros E, Turon X (2005) Seasonal variation in the structure of three Mediterranean algal communities in various light conditions. *Estuarine Coast and Shelf Science* 64: 613-622.

Martínez-Ricart A, Linares C, Ballesteros E, Romero J, García M, Weitzmann B, Zabala M, Ros JD, Hereu B (2012) Cambios a largo plazo en las comunidades bentónicas de la Reserva Marina de las islas Medes: comparación con el litoral catalán. XVII Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina. Donosti, setembre.

Merino G, Maynou F, Boncoeur J (2009) Bioeconomic model for a three-zone Marine Protected Area: a case study of Medes Islands (Northwest Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science* 66: 147-154.

Múgica M, Gómez-Limón J (eds.) (2002) *Plan de acción para los espacios naturales protegidos del Estado español*. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid.

Pérez-Portela R, Duran S, Palacín C, Turon X (2007) The genus *Pycnoclavella* (Ascidiacea) in the Atlanto-Mediterranean region: a combined molecular and morphological approach. *Invertebrates Systematics* 21: 187-205.

Pisera A, Vacelet J (2011) Lithistid sponges from submarine caves in the Mediterranean: taxonomy and affinities. *Scientia Marina* 75: 17-40.



- Polunin VC (ed.) (2000). *Papers from the ECOMARE Project*. Environmental Conservation, 27(2): 95-200.
- Riera T, Zabala M, Peñuelas J (1991) Mysids from a submarine cave emerge each night to feed. *Scientia Marina* 55: 605-609.
- Rius M, Zabala M (2008) Are marine protected areas useful for the recovery of the Mediterranean mussel populations? *Aquat Conserv* 18: 527-540.
- Ros JD (1984a) Presentació. Dins de: *Els sistemes naturals de les illes Medes* (Ros JD, Olivella I, Gili JM, eds.): 11-25. Arxius de la Secció de Ciències LXXIII. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- Ros JD (1984b) Les illes Medes, parc natural. Dins de: *Els sistemes naturals de les illes Medes* (Ros JD, Olivella I, Gili JM, eds.): 767-782. Arxius de la Secció de Ciències LXXIII. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- Ros JD (1985) Els poblaments d'opistobranquis de coves submarines mediterrànies: noves dades i comentaris sobre llur afinitat faunística. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* 52(Zool 6): 87-94.
- Ros JD (1997) *Trossos de natura inacabats*. La Magrana. Barcelona.
- Ros JD (1999) Una década de seguimiento ecológico de la reserva marina de las islas Medes (Girona). Dins de: *I Jornadas internacionales sobre reservas marinas*. Murcia: 91-92.
- Ros JD (2001) *Vora el mar broix. Problemàtica ambiental del litoral mediterrani*. Empúries. Barcelona.
- Ros JD (2002) Seguimiento ecológico de reservas marinas: objetivos, metodología y resultados de una década de estudio de las islas Medes (Girona). Dins de: *La investigación y el seguimiento en los espacios naturales protegidos del siglo XXI* (Castell C, Hernández J, Melero J, eds.): 51-58, 108-113. Monografies 34. Diputació de Barcelona.
- Ros JD, Gili JM, Olivella I (eds.) (1984) *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Arxius de la Secció de Ciències LXXIII. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- Rosell D, Uriz MJ (2002) Excavating and endolithic sponge species (Porifera) from the Mediterranean: species descriptions and identification key. *Organisms Diversity and Evolution* 2: 55-86.
- Rossi S, Grémare A, Gili JM, Amouroux JM, Jordana E, Vétion G (2003) Biochemical characteristics of settling particulate organic matter at two North-western Mediterranean sites: a seasonal comparison. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 58: 423-434.
- Rossi S, Gili JM, Coma R, Linares C, Gori A, Vert N (2006) Temporal variation in protein, carbohydrate and lipid concentrations in *Paramuricea clavata* (Anthozoa, Octocorallia): evidence for summer-autumn feeding constraints. *Marine Biology* 149: 643-651.
- Rossi S, Gili JM, Garrofé X (2011) Net negative growth detected in a population of the temperate

gorgonian *Leptogorgia sarmentosa*: quantifying the biomass loss in a benthic soft bottom gravel suspension feeder. *Marine Biology* 158: 1631-1643.

Rützler K, McIntyre, IG (eds.) (1982) The Atlantic Barrier Reef Ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, I. Structure and communities. *Marine Science* 12: i-xiv, 1-539.

Sabatés A, Zabala M, García-Rubies A (2003) Larval fish communities in the Medes Islands Marine Reserve (North-west Mediterranean). *Journal of Plankton Research* 25: 1035-1046.

Stelzenmüller V, Maynou F, Bernard G, Cadiou G, Camilleri C, Crec'hriou MR, Criquet G, Dimech M, Esparza O, Higgins R, Lenfant P, Pérez-Ruzafa A (2008) Spatial assessment of fishing effort around European marine reserves: Implications for successful fisheries Management. *Marine Pollution Bulletin* 56: 2018-2026.

Stelzenmüller V, Maynou F, Martín P (2007) Spatial assessment of benefits of a coastal Mediterranean Marine Protected Area. *Biological Conservation* 136: 571-583.

Tsounis G, Rossi S, Aranguren M, Gili JM, Arntz W (2006) Effects of spacial variability and colony size on the reproductive output and gonadal development cycle of the Mediterranean red coral (*Corallium rubrum* L.). *Marine Biology* 148: 513-527.

Zabala, M (1993) Efectos biológicos de la creación de una reserva marina: El caso de las islas Medes. Dins de: *La gestión de los espacios marinos en el Mediterráneo occidental*: 55-103. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.

Zabala M, Riera T, Gili JM, Barange M, Lobo A, Peñuelas J (1989) Waterflow, trophic depletion and benthic macrofauna impoverishment in a submarine cave from the Western Mediterranean. *Marine Ecology* 10: 271-287.

Zabala M, Garcia-Rubies A, Louisy P, Sala E (1997a) Spawning behavior of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina* 61:65-77.

Zabala M, Louisy P, Garcia-Rubies A, Gracia V (1997b) Sociobehavioral context of the reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Scientia Marina* 61:79-98.

# Cartografia bionòmica dels hàbitats de la costa del Montgrí i les illes Medes

Bernat Hereu<sup>1</sup>, Cristina Linares<sup>1</sup>, Aurora M. Ricart<sup>1</sup>, Alex Rodríguez<sup>1</sup>, Eneko Aspillaga<sup>1</sup>,  
David Díaz<sup>2</sup>, Laura Navarro<sup>1</sup>, Joan Lluís Riera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

<sup>2</sup> Centro Oceanográfico de Baleares, Instituto Español de Oceanografía



## Antecedents

La caracterització dels ecosistemes bentònics i el coneixement de l'estructura i funcionalitat dels ecosistemes és una eina imprescindible per a la gestió i conservació del medi natural. A causa de la seva composició específica i dinàmica, les diferents espècies i les comunitats que formen responen de forma diferent a les pertorbacions que s'hi produeixen, de manera que la gestió del medi natural ha de tenir en compte les particularitats de cada hàbitat.

Atesa la impossibilitat de determinar i representar la distribució espacial de totes les espècies, la seva agrupació en hàbitats com a unitats paisatgístiques en les que hi ha una associació determinada i característica d'espècies, permet una interpretació més intuïtiva i alhora prou precisa per a l'estudi de la seva distribució en l'espai.

El mapatge de la distribució en l'espai dels diferents hàbitats bentònics ens permetrà, doncs, poder realitzar una gestió adaptada a l'espai, a més de tenir una base cartogràfica en la qual implementar la localització i la informació dels diferents programes de recerca que s'hi realitzen.

A més, el coneixement de la composició i extensió del patrimoni natural ha de permetre una major interacció i gaudi per part de la ciutadania.

El tram de costa del Montgrí, les illes Medes i el golf de Pals es pot considerar un dels més ben conservats i amb una major diversitat d'espècies i hàbitats de la costa catalana, ja que és una de les primeres zones on es varen prendre mesures de gestió del medi marí. En el cas de les illes Medes, es va dur a terme una cartografia bionòmica l'any 1982 (Gili i Ros, 1982; 1984), dins d'una sèrie d'estudis de catalogació de la flora i la fauna de les illes Medes (Ros *et al.*, 1984) com a treball previ per a la protecció de l'arxipèlag.

A partir d'aquest moment, a les illes Medes es realitzaren una gran quantitat d'estudis de caire científic pel fet que la protecció d'aquest arxipèlag i les facilitats logístiques i d'accessibilitat permetien treballar en aquest espai com en un excel·lent laboratori de camp (veure capítol 1).

En aquest sentit, la costa del Montgrí va quedar relegada en un segon terme fora de les prioritats de recerca dels investigadors, i els estudis que s'hi han realitzat han estat marginals, sempre com a comparació per a demostrar l'efecte de la protecció de les illes Medes, com es el cas del programa de seguiment de la Reserva Marina de les illes Medes (Ballesteros *et al.*, 2008). Un primer treball descriptiu que va esdevenir una primera aproximació al coneixement de les comunitats naturals de la costa del Montgrí va ser el que es va desenvolupar a través de la II Beca Joan Torró i Cabratosa, finançat pel Museu de la Mediterrània de Torroella de Montgrí (Hereu i Linares, 2003). En aquest estudi es varen cartografiar les comunitats algals dominades per espècies del gènere *Cystoseira* al llarg de la costa del Montgrí. No obstant això, aquesta cartografia va ser parcial, ja que a l'hora de fer els mapes de distribució només es van tenir en compte les espècies d'algues d'aquest gènere.

En els darrers anys, el creixement del turisme i l'èxit de la Reserva Marina de les illes Medes ha derivat en un interès ascendent pel patrimoni natural de la costa del Montgrí, per les activitats extractives o d'oci que

s'hi desenvolupen. Això ha fet créixer la necessitat de protegir aquesta zona per preservar el patrimoni natural i fer-lo compatible amb el desenvolupament econòmic de la zona. Tant es així, que actualment la costa del Montgrí, les illes Medes i el seu litoral submergit formen part del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter, i el desenvolupament del Pla Rector de Usos i Gestió (PRUG) que regula les activitats del parc hauria de tenir en compte el tipus d'hàbitats presents a la zona i la seva distribució. Per aquest motiu, es va identificar la necessitat de realitzar i actualitzar la informació dels hàbitats que hi són presents, a més de la seva distribució en l'espai.

L'any 1997 es va dur a terme una cartografia precisa de la praderia de *Posidonia oceanica* de les Illes Medes en la que es va poder determinar detalladament els seus límits i extensió (Manzanera i Romero, 1997) (capítol 4). Posteriorment, en una sèrie de treballs realitzats entre 2009 i 2012, es va fer una cartografia bionòmica de la costa del Montgrí (Hereu *et al.*, 2009), juntament amb l'actualització de la cartografia ja realitzada a les illes Medes l'any 1982 per Gili i Ros (1982, 1984), i incorporant la cartografia detallada de la praderia de *Posidonia oceanica* de Manzanera i Romero (1997) (Hereu *et al.*, 2010). A més, es va cartografiar l'extensió de les praderies de la planta *Cymodocea nodosa*, la comunitat més fràgil i amb un alt valor ecològic, al llarg de tot el golf, i es va determinar el seu estat de conservació (Hereu *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2012). L'objectiu era conèixer la composició i distribució de les comunitats bentòniques marines en tot l'àmbit del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter basant-se en la nomenclatura del CORINE Biotope Manual de la Unió Europea (Comission of the European Communities, 1991), a fi que sigui una eina bàsica per al disseny dels plans d'usos i gestió.

En aquest capítol es presenta de forma unificada tots aquests treballs integrant totes les zones i hàbitats presents a la façana marítima del Montgrí el Baix Ter, de forma que es posa a disposició dels gestors, investigadors i usuaris tota aquesta informació que pot ajudar a una millor conservació i gaudi de l'excepcional medi natural marí que tenim al Montgrí i les Illes Medes (Figures 1-3 i annexos).

## Descripció de les comunitats

En total es varen identificar 27 hàbitats distribuïts al llarg de la costa del Montgrí, les illes Medes i el golf de Pals (Taula 1). L'orografia de la costa, caracteritzada per l'abundància de zones de blocs, parets verticals, cales, túnels i coves de diverses orientacions, fa que hi hagi una gran diversitat de condicions que permeten aquesta varietat d'hàbitats.

### **11.2211+ Fons detrítics costaners**

Fons de sorra o grava amb nombroses closques i restes d'organismes (detritus). La majoria dels organismes que hi viuen són filtradors i detritívors. Aquest hàbitat està ben representat al llarg de la costa del Montgrí, generalment en el límit de les zones rocoses o de les plataformes de coral·ligen amb el sediment, i es distribueix generalment entre els 22 i els 35 metres de fondària. Es troba sobretot al nord de la Meda Gran, en el límit de les zones rocoses i a la zona est de la reserva, per sota de les plataformes de coral·ligen.

Infralitoral		Superfície	Superfície
ID Hàbitat	Hàbitat	(m <sup>2</sup> )	%*
11.2211+	Fons detrítics costaners	332.102	8,8
11.2214+	Fangs terrígens costaners	11.448.433	
11.23	Fons marins sublitorals de palets o còdols, colonitzats sobretot per invertebrats i algues anuals		
11.2223+	Sorres fines ben calibrades, infralitorals	847.439	22,5
11.2226+	Sorres grosses i graves fines infralitorals afectades per corrents de fons	922.275	24,4
11.2227+	Fons sedimentaris inestables, infralitorals	72.696	1,9
11.2412+	Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge i ben il·luminats, sense <i>Cystoseira</i>	144.406	3,8
11.2413	Fons infralitorals rocosos, calms, amb algues fucals	305	0,01
11.2414+	Fons infralitorals rocosos, calms, sense algues fucals	75.419	2,0
11.2416+	Fons infralitorals rocosos, calms i mitjanament il·luminats, sense algues fucals	134.882	3,6
11.2417+	Fons infralitorals rocosos, afectats per corrents i mitjanament il·luminats		
11.2419+	Fons infralitorals rocosos, calms i poc il·luminats	2.872	0,1
	Fons infralitorals rocosos, calms i poc il·luminats en fons de blocs fotòfils	328.565	8,7
11.2420+	Fons circalitorals rocosos, amb <i>Cystoseira</i>	62.314	1,7
11.2421+	Fons circalitorals rocosos no concrecionats, dominats per algues, sense <i>Cystoseira</i>	329.737	8,7
11.2422+	Fons circalitorals rocosos no concrecionats, colonitzats sobretot per animals	567	0,02
11.2511+	Coral-ligen sense gorgònies, circalitoral	428.694	11,4
11.2512+	Coral-ligen amb gorgònies, circalitoral	783	0,02
11.254	Muscleres (comunitats de <i>Mytilus galloprovincialis</i> ) de la Mediterrània	334	0,01
11.261+	Coves i túnels submarins semifosc	5.352	0,1
11.262+	Coves submarines fosques	5.883	0,2
11.34	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> , mediterranis	77.597	2,1
	Presència de <i>Cystoseira</i> sp.	27.160	0,7
	Presència de <i>Cystoseira zosteroides</i>	100.206	2,7
	Presència de <i>Cystoseira spinosa</i>	26.493	0,7
Mediolitoral		Longitud	Longitud
ID Hàbitat	Hàbitat	(m)	(%)
11.2221+	Sorres fines infralitorals de llocs batuts per l'onatge	223	1,4
11.2414+	Fons infralitorals rocosos, calms, sense algues fucals	350	2,1
11.2418+	Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge i poc il·luminats	5.427	33,3
11.2411+	Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge, amb <i>Cystoseira</i>	4.026	24,7
11.2222+	Sorres grosses i graves infralitorals de llocs batuts per l'onatge	210	1,3
11.252	Trottoir	6.079	37,3

Taula 1. Relació dels hàbitats cartografiats a la costa del Montgrí i les Illes Medes, amb la superfície i longitud total (per als hàbitats infralitorals i mediolitorals respectivament), i el % del total. \*Percentatges calculats sense l'hàbitat 112214+ (Fangs terrígens costaners).

#### **11.2212+ Fons de grapissar, circalitorals**

No s'han trobat fons dominats per grapissar. Tot i que en desconeixem les causes, podria ser perquè no es donen les condicions òptimes ambientals per a la formació d'aquest hàbitat (zones amb corrents intensos que impedeixen la deposició de sediments fins, de forma que permetin el creixement de les algues coral·linàcies que el formen), o bé perquè aquest és un hàbitat molt sensible a pertorbacions, de manera que la pesca de ròssec podria haver-lo fet desaparèixer. No obstant això, el fet que la major part de la costa es troba per sobre dels límits legals de pesca de 50 metres de fondària i que la presència de plataformes de coral·ligen en podria haver protegit algunes zones, creiem que l'absència d'aquest hàbitat es deu a factors geogràfics i ambientals.

#### **11.2214+ Fangs terrígens costaners**

Fons de fang molt fi i homogeni, de viscositat variable. Aquest tipus de fons es troba a partir dels 35-40 metres de fondària, ocupa la major part de la plataforma i sobrepassa la zona d'estudi.

#### **11.2221+ Sorres fines infralitorals de llocs batuts per l'onatge**

De tota la costa del Montgrí, només a cala Montgó trobem una platja amb sorres fines que formen aquest hàbitat. Aquests sediments fins, en profunditat, formen les comunitats dominades per *Posidonia oceanica*.

#### **11.2222+ Sorres grosses i graves infralitorals de llocs batuts per l'onatge**

A cala Pedrosa i cala Ferriola, trobem aquest tipus de comunitat, determinada en gran mesura pel tipus de substrat, dominat principalment per còdols. En els primers metres de fondària, tot i que no està representat en el mapa, hi podem trobar la comunitat.

#### **11.2223+ Sorres fines ben calibrades, infralitorals**

Fons sedimentaris sorrencs desproveïts de vegetació, amb un component detrític escàs. Aquesta comunitat domina sobretot enfora de cala Montgó, i és generada pels sediments fins que s'incorporen a la cala a través de la costa, i també a la part més meridional de la costa que està més en contacte amb els sediments que dominen la platja de l'Estartit. Amb aquesta categoria es van caracteritzar de forma general tots els fons sorrencs del voltant de l'àrea de la Reserva.

#### **11.23 Fons infralitorals de palets o còdols, colonitzats sobretot per invertebrats i algues anuals**

Fons constituït per palets o còdols inestables, amb coberta d'algues i invertebrats escassa a causa de la inestabilitat del substrat. Es troba a la cara oest de les dues Medes amb una extensió realment baixa, en indrets ben protegits a profunditats molt someres.

#### **11.2226+ Sorres grosses i graves fines infralitorals afectades per corrents de fons**

Fons sedimentari amb escàs contingut en matèria orgànica a causa del gruix mitjà del gra i dels corrents de fons. Aquest hàbitat, determinat per la granulometria fina del sediment i pel fet d'estar exposat a corrents unidireccionals de fons, es troba distribuït al llarg de la costa, tot i que en els extrems septentrional i meridional és més abundant a causa segurament de la proximitat de les platges i les aportacions terrestres de sediment. A les illes Medes es troba a la part oest de les dues illes principals, on els pendents són més suaus, per sobre de la praderia de *Posidonia oceanica*.







#### **11.2227+ Fons sedimentaris inestables, infralitorals**

Només hem trobat aquest hàbitat, caracteritzat per l'aportació de sediment o detritus irregulars al llarg del temps, a cala Montgó, on l'acumulació estacional de fulles mortes de *Posidonia oceanica* determina aquest fons.

#### **11.252+ Tenasses de *Lithophyllum byssoides* de la zona mediolitoral mediterrània**

Aquest hàbitat està format per la bioconcreció produïda pel creixement de l'alga coral·linàcia *Lithophyllum byssoides* en l'estatge mediolitoral en zones batudes per l'onatge.

A la costa del Montgrí i les zones més exposades de les illes Medes, aquest hàbitat està molt ben representat, ja que s'hi donen les condicions òptimes per al creixement d'aquesta espècie, com la presència de parets verticals de roca calcària, amb poca llum (orientades al Nord) i exposades a l'onatge. Aquest és un hàbitat molt amenaçat, i es troba en regressió a tot el Mediterrani. La contaminació, especialment d'hidrocarburs, i l'erosió ocasionada per sòlids flotants, trepitjades o altres perturbacions antròpiques són els principals agents que afecten negativament aquestes estructures. A la costa del Montgrí i a les illes Medes és on aquest hàbitat està més ben representat de tot Catalunya, pel grau de desenvolupament i estat de conservació que presenta (Hereu *et al.*, 2010).

#### **11.2411+ Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge, amb *Cystoseira***

Hàbitat en forma de cinturó molt ben delimitat, situat a profunditats molt someres, just al rompent, a llocs rocosos ben il·luminats. Predominen les algues del gènere *Cystoseira*. La presència de zones infralitorals dominades per *Cystoseira mediterranea* és molt abundant a la costa del Montgrí i a la part nord-oest de les illes Medes, ja sigui per l'abundància de zones exposades a l'onatge com també, probablement, per la poca freqüentació i el bon estat de conservació en què es troba. Aquest hàbitat és, doncs, un bon indicador de qualitat ambiental, i està considerat com a amenaçat a Catalunya, tot i que encara és comú a les costes rocoses.

#### **11.2412+ Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge i ben il·luminats, sense *Cystoseira***

Hàbitat dominat per comunitats d'algues fotòfiles sense la presència de comunitats consolidades de *Cystoseira mediterranea*. Típic de superfície en zones ben il·luminades amb hidrodinamisme molt intens. Es presenta de forma pràcticament contínua a tota l'àrea, a excepció de l'oest de les illes Medes, formant un cinturó de 0 a 7-10 metres de fondària a les zones més ben il·luminades, i pràcticament inexistent a les zones de penya-segats amb poca exposició a la llum (Fotografia 1).



Fotografia 1. Fons infralitorals rocosos batuts per l'onatge i ben il·luminats (11.2412+). Les algues fotòfiles, associades a ambients somers i ben il·luminats produeixen aliment i refugi per a la resta d'animals que hi viuen (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

#### **11.2413+ Fons infralitorals rocosos, calms, amb algues fucals**

Només hem trobat aquest hàbitat en una cubeta litoral a la zona de l'Espolsador (entre Baix de Cols i el



Còrrec Llarg) i a la zona del Portitxol, a la Meda petita. Aquesta cubeta estava dominada per grans peus de *Cystoseira compressa*. Els poblaments infralitorals de *Cystoseira* de mode calmat són extraordinàriament sensibles a qualsevol tipus de pertorbació, i per això han sofert una importantíssima regressió arreu del Mediterrani. A Catalunya, aquest hàbitat està considerat com a molt rar i molt amenaçat, i només es desenvolupa en zones amb una qualitat ambiental molt bona. Es de destacar, doncs, la presència d'aquestes úniques cubetes a la costa del Montgrí i les illes Medes.

#### **11.2414+ Fons infralitorals rocosos, calms i ben il·luminats, sense algues fucals**

Aquest hàbitat dominat per algues fotòfiles amb estrat erecte escàs es troba ben representat en zones calmades, al fons de petites badies i cales, i assoleix una profunditat de fins a 5-6 metres de fondària.

#### **11.2415+ Fons infralitorals rocosos, calms i mitjanament il·luminats, amb algues fucals**

Hàbitat constituït per roques recobertes de grans algues perennes del gènere *Cystoseira* que formen petits bosquets. També hi apareixen invertebrats filtradors, abundants sobretot com a epífits de *Cystoseira*. Només s'ha trobat a la part sud-oest de les Ferranelles, ocupant una superfície molt petita a profunditats molt someres.

Aquest hàbitat es considera quasi extingit al litoral català, ja que les espècies definidores de la comunitat (*Cystoseira* spp.) són molt sensibles a la contaminació i l'alteració del medi.

#### **11.2416+ Fons infralitorals rocosos, calms i mitjanament il·luminats, sense algues fucals**

Comprèn diverses comunitats adaptades a una irradiància atenuada, conegudes amb el nom de comunitats d'algues semiesciòfiles. Aquest hàbitat és pràcticament continu al llarg de la costa del Montgrí i les illes Medes, i es distribueix entre els 6-8 metres i els 12-18 metres de fondària, segons el grau d'il·luminació de la zona on es troba (Fotografia 2).



Fotografia 2. Fons infralitorals rocosos calms i mitjanament ben il·luminats (11.2416+). A més fondària, la llum es més escassa, i els hàbitats estan dominats per espècies algals menys dinàmiques i productives, i per alguns animals com la gorgònia blanca i algunes esponges (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).



### **11.2417+ Fons infralitorals rocosos, afectats per corrents i mitjanament il·luminats**

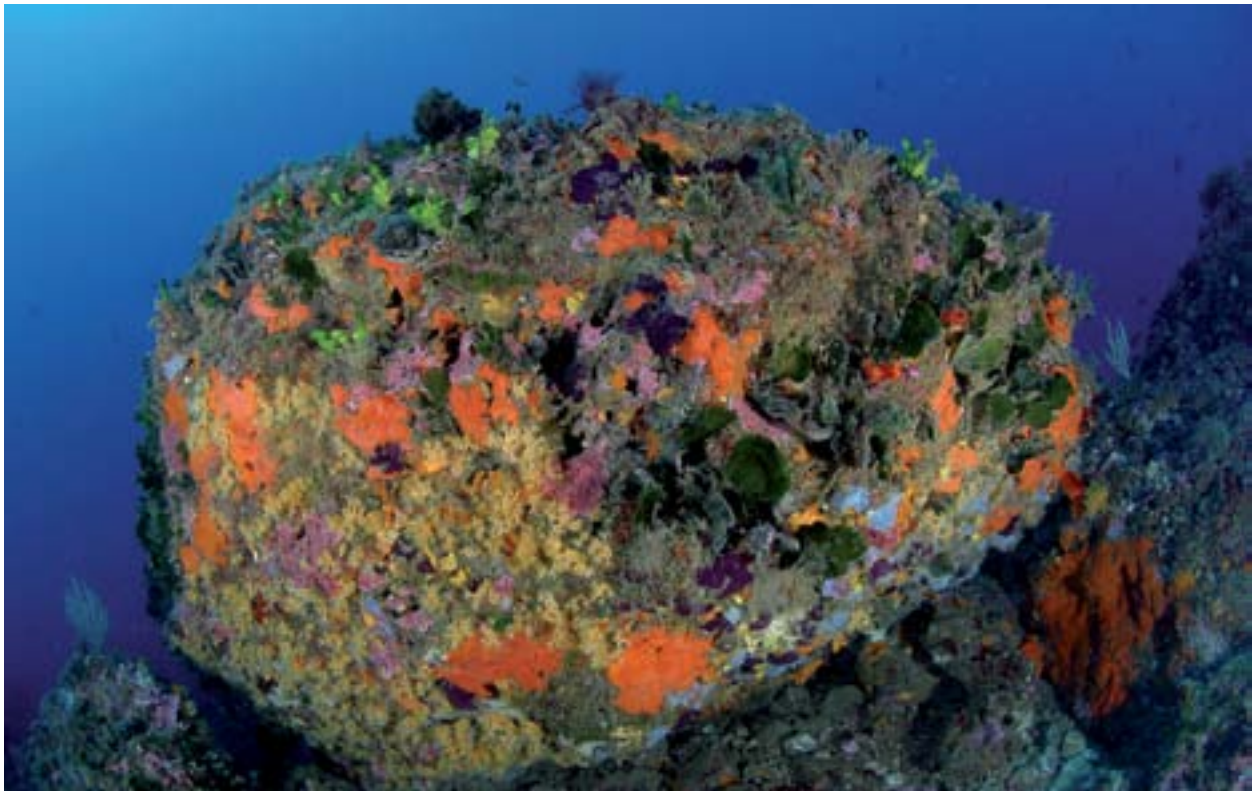
Hàbitat format per blocs i pedres de mida mitjana a llocs d'irradiància molt atenuada en àrees exposades. Poblaments algals irregulars, amb dominància de les algues erectes. Es troba a partir dels 25-30 m de fondària a la zona més septentrional de la costa del Montgrí i a zones amb pendent molt suau, entre les dues Medes i entre la Meda Xica i la zona de Tascons.

### **11.2418+ Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge i poc il·luminats**

Aquest hàbitat, que es troba en parets verticals o extraplomades vora de la superfície de l'aigua en indrets molt batuts per l'onatge i recoberts per petites algues i algun invertebrat, és força abundant al llarg de la costa del Montgrí i les zones més exposades de les illes Medes, ja que està associat a l'hàbitat 11252+ (tenasses de *Lithophyllum byssoides* de la zona mediolitoral Mediterrània), que és considerat com a rar dins el territori català.

### **11.2419+ Fons infralitorals rocosos, calms i poc il·luminats**

Aquest hàbitat es troba en roques inclinades o abaumades, amb un poblament mixt d'algues esciòfiles i invertebrats bentònics sèssils (bàsicament esponges, briozous i cnidaris), i es molt comú a la costa del Montgrí i les illes Medes, especialment present en els fons dominats per blocs, entre els 5 i els 20-25 metres de fondària, on és present en els extraploms i les parets verticals dels blocs. És per això que aquest hàbitat se solapa amb aquells dominats per les comunitats dominades per algues, i en el mapa s'ha representat de forma discontinua, superposat als hàbitats dominats per algues (Fotografia 3).



Fotografia 3. Fons infralitorals rocosos, calms i poc il·luminats (11.2419+). Tot i que els grans blocs solen estar colonitzats per algues a la part superior, als costats verticals, on hi arriba menys llum, hi dominen les esponges i altres animals filtradors (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

### **11.2420+ Fons circalitorals rocosos, amb *Cystoseira***

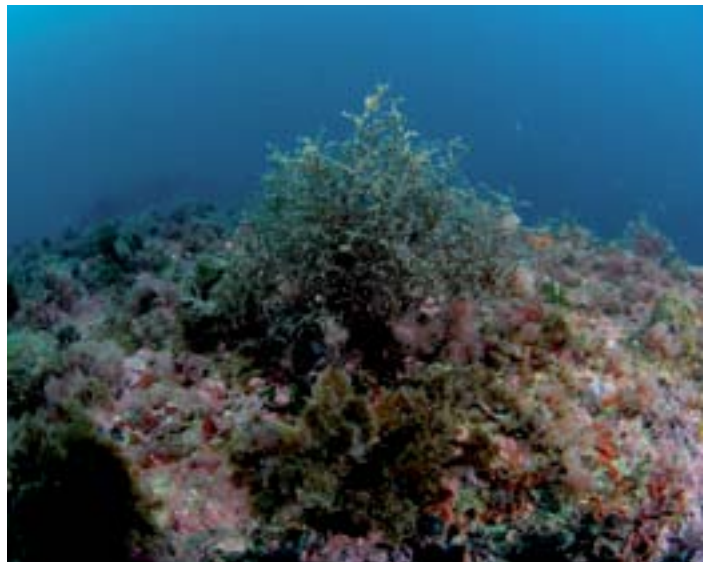
Aquest hàbitat, format per algues esciòfiles i dominats per *Cystoseira zosteroides*, és relativament abundant a la zona central del massís, entre cala Ferriola i la cala de Baix de Cols, i forma comunitats denses entre els 20 i els 25 metres de fondària. La distribució d'aquest hàbitat probablement correspon a les condicions ambientals de la zona, ja que es troba al peu de penya-segats que no permeten una exposició directa al sol, i on pot haver-hi corrents de fons, en zones rocoses sense concrecionar a prop del sediment –condicions en les que habita aquesta espècie. A les illes Medes, l'extensió més gran es troba entre la Meda Xica i Tascons, en zones de relleu suau amb corrents notables i amb relativa abundància de sediment.

Aquest hàbitat està catalogat com a molt amenaçat, ja que *C. zosteroides* és una espècie perenne, amb creixement molt lent i, per tant, molt sensible a qualsevol mena de pertorbació.

Generalment, aquestes comunitats són molt sensibles a pertorbacions físiques, causades ja sigui per xarxes de pesca, ancoratge d'embarcacions, etc. A més, altres factors difusos com la disminució de la transparència de l'aigua i l'augment de la sedimentació també poden afectar molt significativament aquestes comunitats.

A Catalunya, es tracta d'un hàbitat rar i molt amenaçat, que es troba molt restringit al litoral septentrional, a les zones de l'Empordà i la Selva (Vigo *et al.*, 2008); està ben representat a la zona del Montgrí (Hereu *et al.*, 2010).

No obstant això, tot i ser abundant, es varen detectar serioses pertorbacions en aquest hàbitat. Per una part, el temporal de Sant Esteve de 2008 va provocar una enorme mortalitat de *Cystoseira zosteroides*, tant en aquesta zona com a les Medes (Navarro *et al.*, 2011). Per altra banda, es va detectar una xarxa de pesca abandonada que travessava una de les poblacions i va causar una mortalitat d'aproximadament el 50% dels peus de la població (Navarro *et al.*, 2011). Cal tenir en compte que, a la Reserva Marina de les illes Medes, les alteracions físiques a les que es pot veure sotmesa aquesta espècie, i l'hàbitat que defineix, són menors a causa del grau de protecció de la Reserva. No obstant això, l'elevada activitat de busseig recreatiu que té lloc a l'àrea hi pot produir efectes negatius importants (Fotografia 4).



Fotografia 4. Fons circalitorals rocosos, amb *Cystoseira* (11.2420+). Les comunitats algals de fondària dominades per *Cystoseira*, algues molt longeves que formen autèntics boscos submarins, han patit una forta regressió a tot el litoral, tot i que al Montgrí estan ben representades (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

### **11.2421+ Fons circalitorals rocosos no concrecionats, dominats per algues, sense *Cystoseira***

Aquest hàbitat dominat per comunitats d'algues esciòfiles és abundant a la costa del Montgrí, on

forma un cinturó quasi continu que oscil·la entre els 13-16 i els 20-25 metres de fondària, segons la orientació. És també abundant a l'est de les illes Medes, en els freus entre la Meda Gran i Meda Xica, i Meda Xica i Tascons. En alguns trams de la part central, on els fons rocosos guanyen força fondària molt a prop dels penya-segats, hi ha presència de *Cystoseira zosteroïdes* que, quan forma comunitats amb altes densitats, es transforma en l'hàbitat 11.2420+.

#### **11.2422+ Fons circalitorals rocosos no concrecionats, colonitzats sobretot per animals**

Aquests hàbitats, dominats per animals filtradors com esponges, briozous o cnidaris i sense concrecions algals potents, es troben a les puntes més exposades de cap Castell, cap d'Otrera i punta Salines entre els 15 i els 30 metres de fondària, en parets verticals encarades al Nord, en zones exposades als corrents, cosa que permet la presència de grans animals filtradors; a més, la llum és escassa i això impedeix el desenvolupament del coral·ligen. Aquest hàbitat, juntament amb el 11.2512+ coral·ligen amb gorgònies, circalitoral (amb poblaments densos d'organismes suspensívors a la part superficial, amb dominància de la gorgònia *Paramuricea clavata*), és molt escàs a la costa del Montgrí, però a les illes Medes és molt abundant. Aquesta diferència segurament es deu a una major exposició als corrents i a la major profunditat dels hàbitats de les illes.



Fotografia 5. Fons circalitorals rocosos no concrecionats, dominats sobretot per animals (11.2422+). Al Montgrí, aquest hàbitat es pot trobar al límit de les zones rocoses més profundes, o sobre els fons de coves i túnels (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Es tracta d'hàbitats d'extrema raresa al territori català –on apareixen de forma irregular a tot el litoral septentrional (l'Empordà i la Selva) i són inexistents més al sud (Vigo *et al.*, 2008)–, però es troben molt ben representats a les illes Medes.

Aquest hàbitat, a més, es considera fortament amenaçat per perturbacions físiques (com la pesca professional, artesanal i recreativa, no permeses actualment a l'àrea), per l'eutrofització de l'aigua i per episodis de temperatura estival anormalment alta –situacions en què s'han constatat mortalitats notables (Linares *et al.*, 2005).



A l'igual que amb els hàbitats dominats per *Cystoseira zosterides*, l'alta longevitat i dinàmica lenta dels components estructurals d'aquests hàbitats els fa especialment vulnerables a perturbacions, raó per la qual es veuen afectats de forma greu per l'eliminació dels organismes colonials de mida més gran a causa de l'acció dels escafandristes (Garrabou *et al.*, 1998; Coma *et al.*, 2004; Linares i Doak, 2010, vegeu capítol 6), l'activitat dels quals és molt intensa a les illes Medes (Fotografia 5).

#### **11.2511+ Coral·ligen sense gorgònies, circalitoral**

Aquest hàbitat, format per concrecions irregulars originades pel creixement acumulatiu d'algues coral·linàcies, generalment està molt ben representat a la costa del Montgrí i les Medes, ja sigui a la base de les parets o les puntes més exposades dels caps, ja sigui a la costa del Montgrí, en plataformes extenses que es desenvolupen sobre substrat pla sedimentari a les badies formades al nord i sud de Cap Castell, entre els 20 i els 40 metres de fondària.

A causa de la seva estructura irregular, amb gruixos que poden assolir més de dos metres i amb nombroses esquerdes i cavitats, aquest hàbitat alberga una fauna i flora molt variades, de forma que està considerat un sistema madur amb una alta diversitat d'espècies. Tot i que és relativament freqüent al llarg del territori català, les comunitats del coral·ligen de la costa del Montgrí són especialment extenses, amb una gran potència i una alta complexitat. Alhora, aquest hàbitat està fortament amenaçat per diversos tipus de perturbacions, com la sobrepesca, que impedeix que hi hagi peixos de gran talla; l'erosió, especialment a causa de la pesca d'arrossegament, i l'eutrofització i augment de turbidesa de les aigües, que impedeix el desenvolupament de la flora i fauna que hi habita (Fotografia 6).



Fotografia 6. Coral·ligen sense gorgònies, circalitoral (11.2511+). El coral·ligen de plataforma, molt extens a la costa del Montgrí i molt escàs a la resta del litoral català, està format per algues calcàries que formen una estructura sòlida de fins a 2 metres de gruix on hi viuen infinitat d'espècies associades (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

### 11.2512+ Coral·ligen amb gorgònies, circalitoral

Semblant al coral·ligen sense gorgònies amb poblaments densos d'organismes suspensívors a la part superficial, on sol dominar l'espècie de gorgònia *Paramuricea clavata*. Normalment es localitza en àrees amb forts corrents de fons, sobre substrat rocós amb forta inclinació. Molt present sobretot a la zona est de les illes Medes, on forma unes comunitats molt extenses i ben desenvolupades. A la costa del Montgrí, en canvi, forma petites comunitats en els caps i puntes més exposades als corrents (Fotografia 7).



Fotografia 7. Coral·ligen amb gorgònies, circalitoral (11.2512+). Aquest habitat és molt fràgil i escàs, i té una gran diversitat d'espècies, amb una estructura molt complexa formada per grans gorgònies i corall (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

### 11.254 Muscleres (comunitats de *Mytilus galloprovincialis*) de la Mediterrània

Els musclos són abundants al llarg de la costa del Montgrí, tot i que només formen poblament densos en determinats esculls a ran d'aigua, on es pot considerar que formen aquest hàbitat. No està amenaçat especialment, ja que té una alta dinàmica i un grau de renovació elevat.

### 11.261+ Coves i túnels submarins semifoscos i 11.262+ Coves submarines fosques

Aquestes comunitats es caracteritzen per la dominància d'animals incrustants filtradors, en menys mesura a les coves fosques a causa de l'escassa renovació de l'aigua. Aquests hàbitats es troben molt ben representats a les Medes i al Montgrí per la seva naturalesa calcària, mentre que a la resta del territori català es consideren rars. Ateses les condicions tan estables durant tot l'any i al lent creixement i dinàmica de les espècies que hi habiten, aquests hàbitats són molt fràgils (Vigo *et al.*, 2008; Hereu *et al.*, 2010) i estan amenaçats per la contaminació (Vigo *et al.*, 2008) i la freqüentació del busseig recreatiu (Di Franco *et al.*, 2010; Hereu *et al.*, 2010). Les pertorbacions antropogèniques que poden provocar les activitats d'immersió amb escafandre autònom s'atribueixen principalment a l'erosió per contacte físic, a la resuspensió de



sediments i a l'efecte de les bombolles d'aire que s'acumulen al sostre, com ja s'ha constatat a les Medes, on hi ha una aflluència massiva de submarinistes (Hereu *et al.*, 2010) (Fotografia 8).



Fotografia 8. Coves i túnels submarins semifoscots (11.261+). La naturalesa calcària del massís del Montgrí ha permès que es formin una gran quantitat de coves i túnels, on hi viu una fauna específica adaptada a aquests ambients (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

#### **11.34 Alguers de *Posidonia oceanica*, mediterranis**

Comunitat ben representada a la zona nord-oest de les dues Medes, que constitueix un herbei de densitat variable a una fondària d'entre 5 i 15m, sobre fons sorrencs. Es va observar una gran cobertura de mata morta de *Posidonia oceanica*, com un cinturó, a la part més profunda de la praderia. A més, es van trobar petites mates d'aquesta espècie distribuïdes sobre fons de blocs i megablocs a diversos punts de la reserva, sobretot a l'oest de la Meda Gran.

Aquesta comunitat també està ben representada a la cala Montgó, on forma un cinturó paral·lel a la costa a una fondària d'entre 6 i 15 metres de fondària.

A la raconada de la cala Pedrosa, hi ha una petita extensió d'aquest hàbitat, format per mates de *P. oceanica* esparses, però formant comunitat. A la raconada nord de la Roca Foradada, també hi ha una petita extensió d'aquesta comunitat. A més, hem trobat petites mates d'aquesta espècie distribuïdes sobre fons de roca en diversos punts de la costa, especialment la meitat sud, on apareixia en fons de blocs o mixtes amb graves a unes fondàries d'entre 7 i 15 metres.

Els alguers de *Posidonia oceanica* apareixen gairebé a tot el litoral català, i es consideren amenaçats. Es troben en regressió a causa d'impactes antròpics derivats de la intensa utilització del litoral, cosa

que comporta un desequilibri de les aportacions sedimentàries, i també per l'eutrofització i la pesca d'arrossegament. A les illes Medes, la prohibició de la pesca i la restricció de fondejar han fet que la praderia de la part oest es mantingui en una situació estable des del 1993 (Fotografia 9).



Fotografia 9. Alguers de *Posidonia oceanica* (11.34). La planta fanerògama *Posidonia oceanica* forma praderies extenses sobre fons sorrencs, com a cala Montgó, però també pot viure sobre substrat rocós, formant petites praderies en les cales arrecerades, o en petites mates distribuïdes al llarg de tot en Montgrí (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

### **11.331 Alguers de *Cymodocea nodosa*, mediterranis.**

La praderia de *Cymodocea nodosa* al golf de Pals es distribueix al llarg d'uns 5 quilòmetres, entre les isòbates de -10 i -16 metres aproximadament, i ocupa una superfície d'unes 150 hectàrees (Figura 3 i annexos). La praderia s'estén des de la zona del Freu, entre les illes Medes i la costa del Montgrí per la part més septentrional, fins a l'alçada del riu Ter aproximadament. En aquesta zona, la densitat es intermèdia, tot i que en algunes àrees (davant del port de l'Estartit, davant del Ter Vell i a la part nord de la desembocadura del Ter) es poden formar taques en densitats elevades amb cobertures de prop del 100 %. Més enllà del límit Nord i, especialment del límit Sud, la praderia s'estén en densitats molt baixes en forma de mates soltes fins aproximadament davant de les llacunes i les basses d'en Coll. L'estat ecològic de l'herbassar de *Cymodocea nodosa* és força saludable i les plantes que la formen presenten un estat biològic bo, tot i que discontinu (Romero *et al.*, 2012). Encara que no s'han identificat indicis de perturbacions puntuals, una mesura òptima per a la protecció seria la inclusió de tota l'extensió de la praderia dins la figura de Protecció que inclou el Parc Natural del Parc Montgrí Medes i Baix Ter, ja que actualment només l'inclou parcialment i no es pot assegurar la seva total protecció en cas de futurs canvis d'usos de la zona no protegida.

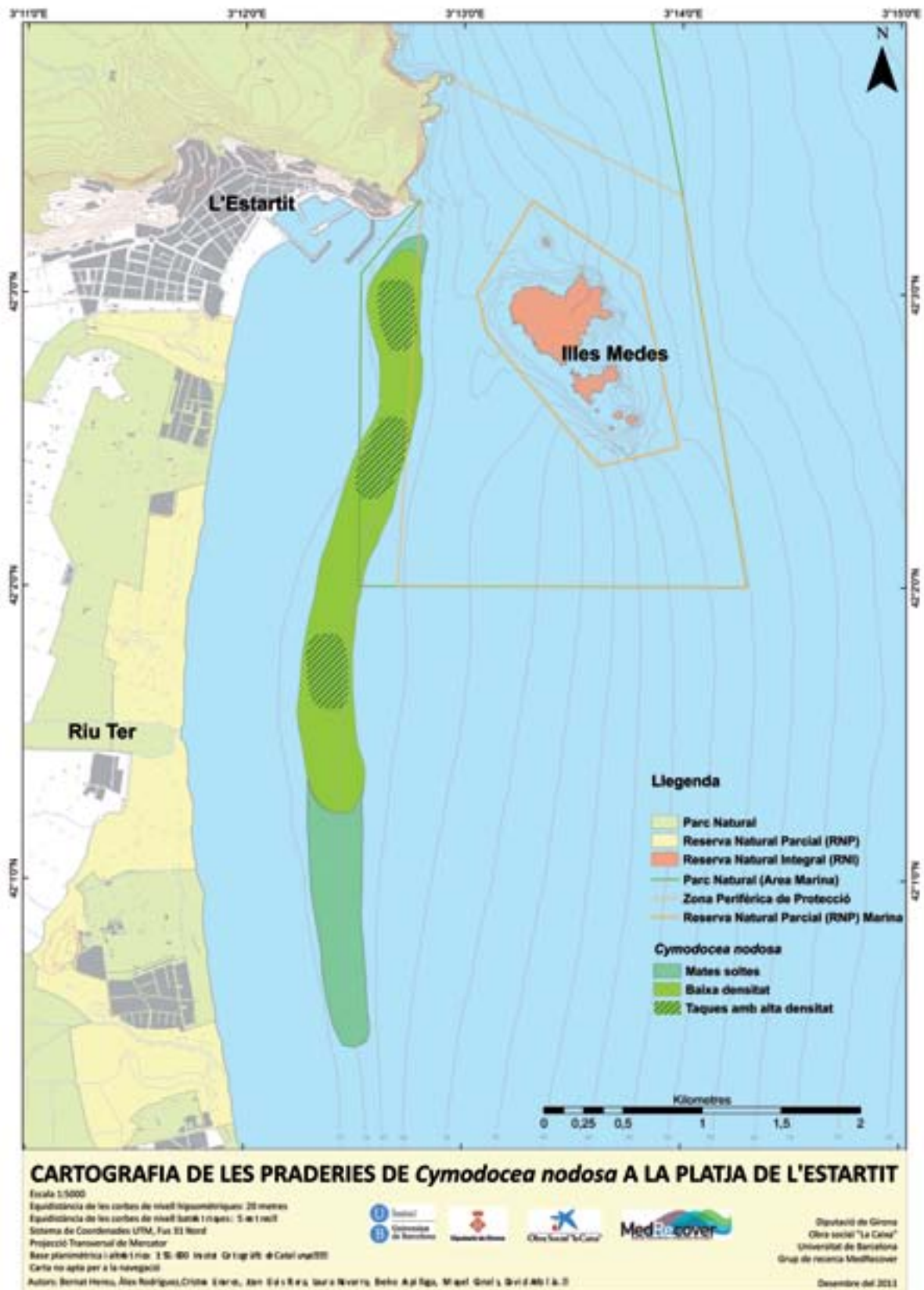


Figura 3. Cartografia bionòmica del golf de Pals.



## Conclusions

Com es comprova amb el llistat d'hàbitats trobats, i més concretament amb els que es consideren especialment vulnerables, les illes Medes i la costa del Montgrí són un lloc d'elevat valor ecològic per l'alta diversitat d'hàbitats que presenta, alguns dels quals es consideren raríssims, ja que són quasi inexistent en la resta de litoral català.

Atès l'elevat interès i fragilitat dels hàbitats que formen els ecosistemes marins de les illes Medes i la costa del Montgrí, la regulació d'aquest patrimoni natural ha de ser una prioritat, i hauria d'estar basada en el coneixement espacial de la distribució d'aquestes comunitats, de la seva fragilitat i dels impactes que hi provoquen els diferents usos que s'hi realitzen. Com que els diferents hàbitats són sensibles en diferent grau a cada una de les potencials perturbacions, el coneixement de la distribució de cada un dels hàbitats que aporta aquesta carta bionòmica ha de ser una eina bàsica per a la gestió d'aquest patrimoni.

Tenint sobre la taula tota aquesta informació (l'abundància i distribució dels diferents hàbitats, la seva sensibilitat a diferents impactes i els usos que s'hi realitzen), la gestió i conservació de la costa del Montgrí i les illes Medes hauria de ser una tasca basada en dades quantificables i en criteris científics, més que en criteris subjectius i de compromís.

---

## Agraïments

Molta gent ha participat en aquest estudi en molts aspectes. Estem molt agraïts a tots, especialment a Joandomènec Ros, Josep Maria Gili i Mikel Zabala, que varen establir les bases de la cartografia bionòmica en el primer treball recollit en el volum "Els sistemes naturals de les Illes Medes", i també als investigadors i amics que ens han ajudat sobretot en la feina de camp: Marc Marí, Emma Cebrian, Núria Teixidó, Fiona Tomàs, Laura Navarro, Ignasi Capellà, Josep Maria Llenas i Josep Clotas. En Josep Clotas, a més, juntament amb Marta Cunillera, ha realitzat les fotografies que han il·lustrat i completat aquest treball. En Miquel Canals i David Amblàs han contribuït en aquest treball de manera important cedint la batimetria del golf de Pals. També volem agrair a Josep Pascual per proporcionar dades oceanogràfiques i topogràfiques. L'Ajuntament de Torroella de Montgrí ens va proporcionar l'espai i l'equip al Centre Cultural El Català durant bona part del treball, a més de totes les facilitats que ens han ofert aquests anys. Estem molt agraïts també a les empreses Ecohydros i Mediterráneo Servicios Marinos per la seva col·laboració durant el treball. Finalment, volem agrair a tot l'equip gestor així com tot el personal del Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter que ha recolzat i facilitat la realització d'aquests treballs. Aquest estudi va ser finançat per la Diputació de Girona, el Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, i, en part, pel Museu de la Mediterrània a través de les III Beques Joan Torró i Cabratosa, que va ser l'embrió d'aquest treball. La majoria dels autors són part del Grup de Recerca de Conservació Marina ([www.medrecover.org](http://www.medrecover.org)) de la Generalitat de Catalunya.

### Hàbitats infralitorals

11.2214+	Fangs terrígens costaners.	
11.2211+	Fons detrítics costaners.	
11.2223+	Sorres fines ben calibrades, infralitorals.	
11.2226+	Sorres grosses i graves fines infralitorals afectades per corrents de fons.	
11.2414+	Fons infralitorals rocosos, calms, sense algues fucals.	
11.2412+	Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge i ben il·luminats, sense <i>Cystoseira</i> .	
11.2416+	Fons infralitorals rocosos, calms i mitjanament il·luminats, sense algues fucals.	
11.2421+	Fons circalitorals rocosos no concrecionats, dominats per algues, sense <i>Cystoseira</i> .	
11.2420+	Fons circalitorals rocosos, amb <i>Cystoseira</i> .	
11.34	Alguers de <i>Posidonia oceanica</i> , mediterranis.	
11.2417+	Fons infralitorals rocosos, afectats per corrents i mitjanament il·luminats	
11.2422+	Fons circalitorals rocosos no concrecionats, colonitzats sobretot per animals.	
11.2511+	Coral lígen sense gorgònies, circalitoral.	Presència de <i>Cystoseira</i> sp.
11.2512+	Coral lígen amb gorgònies, circalitoral.	Presència de <i>Cystoseira</i> zosteroides.
11.261+	Coves i túnels submarins semibosc.	Presència de <i>Cystoseira</i> spinosa.
11.262+	Coves submarines fosques.	Fons infralitorals rocosos, calms i poc il·luminats, en parets de blocs.



### Rugositat del substrat

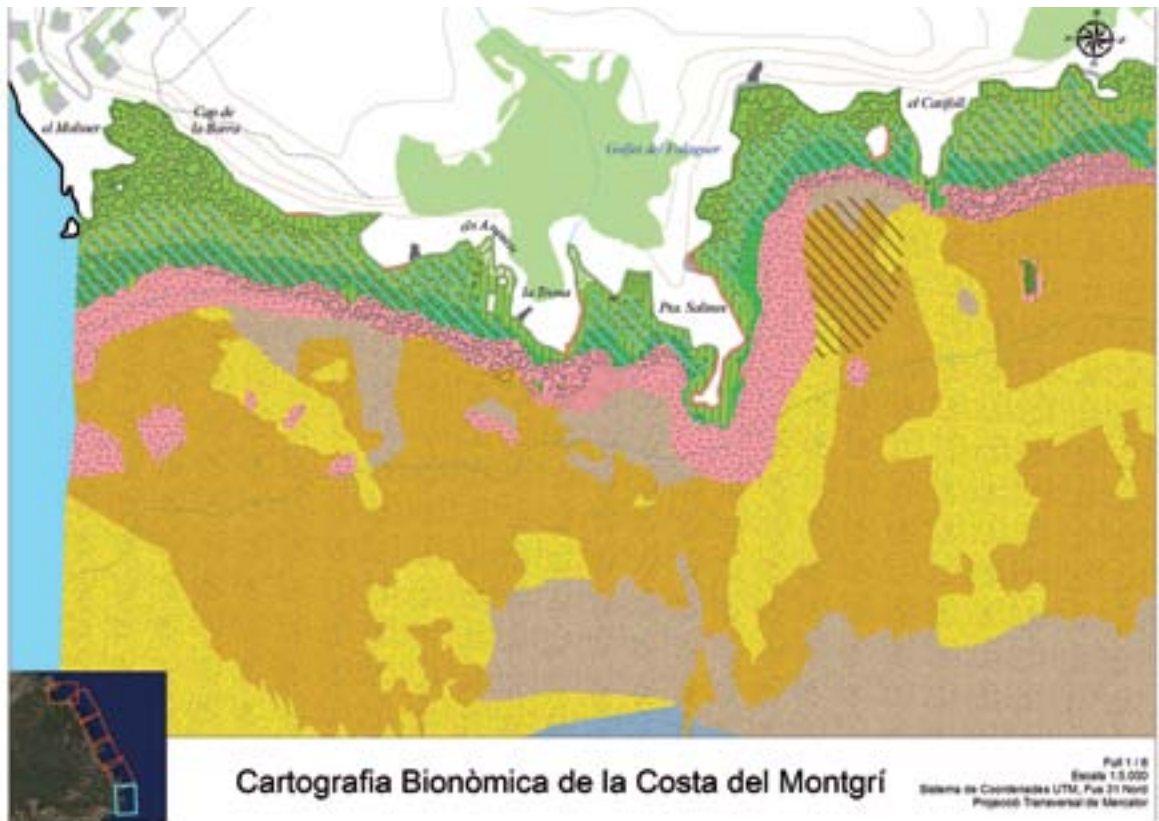


- Blocs de grans dimensions.
- Blocs.
- Pedres.
- Sorres.
- Coralígen.
- Posidonia Oceanica*
- Roca homogènia.

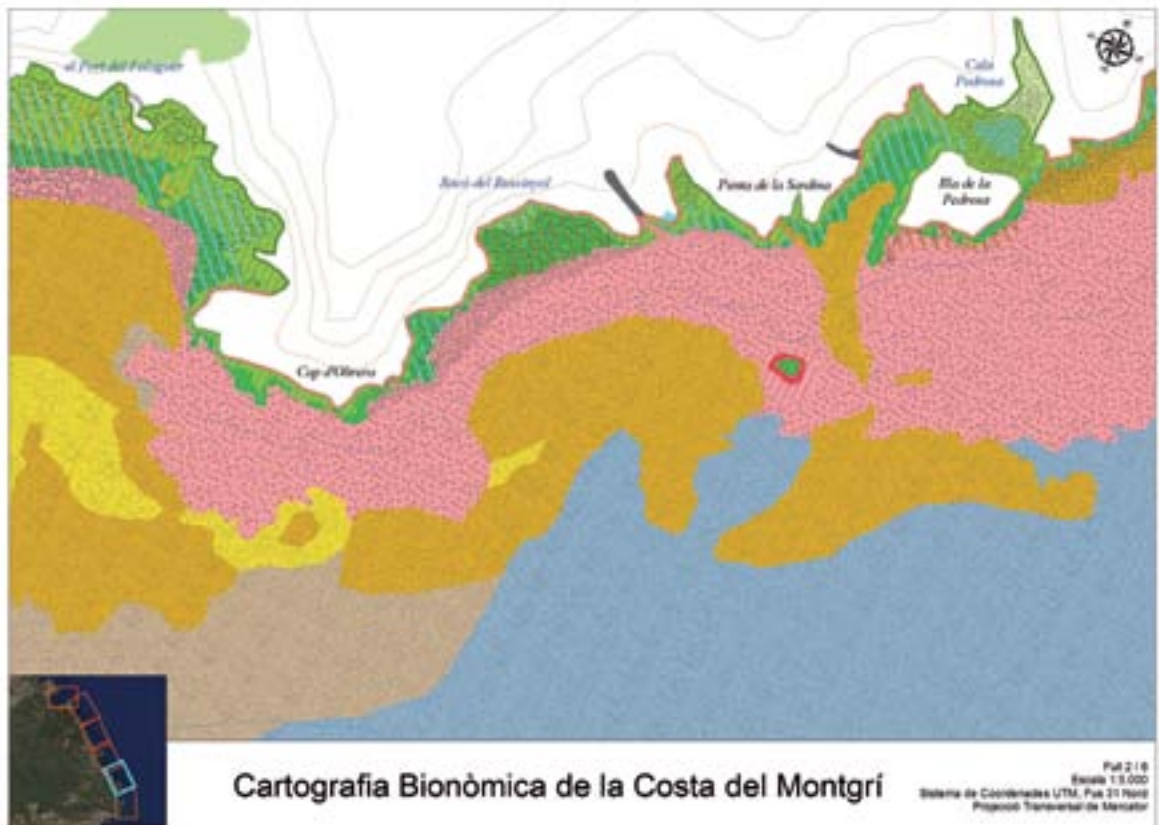
### Hàbitats mediolitorals



- 11.2414+, Fons infralitorals rocosos, calms, sense algues fucals.
- 11.2418+, Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge i poc il·luminats.
- 11.2411+, Fons infralitorals rocosos, batuts per l'onatge, amb *Cystoseira*.
- 11.252 Tenasses de *Lithophyllum byssoides*, de la zona mediolitoral de la Mediterrània.



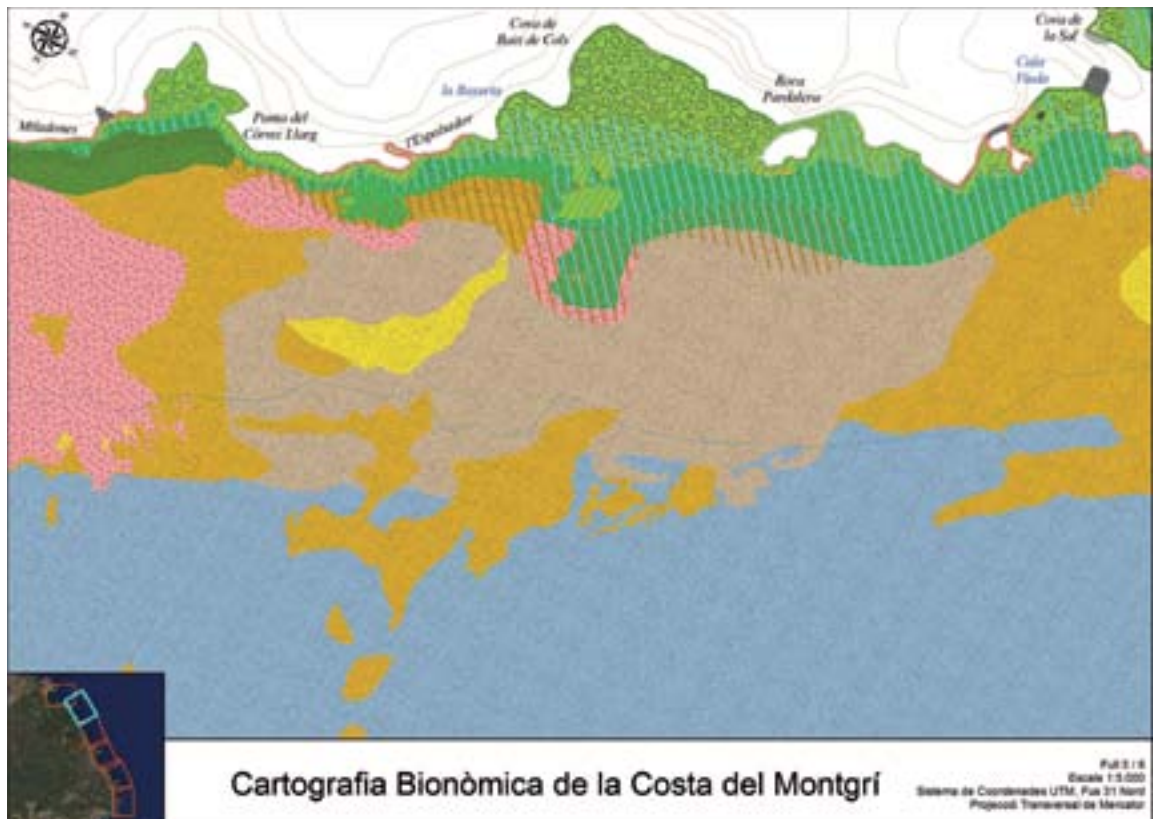
Annex 1-2.



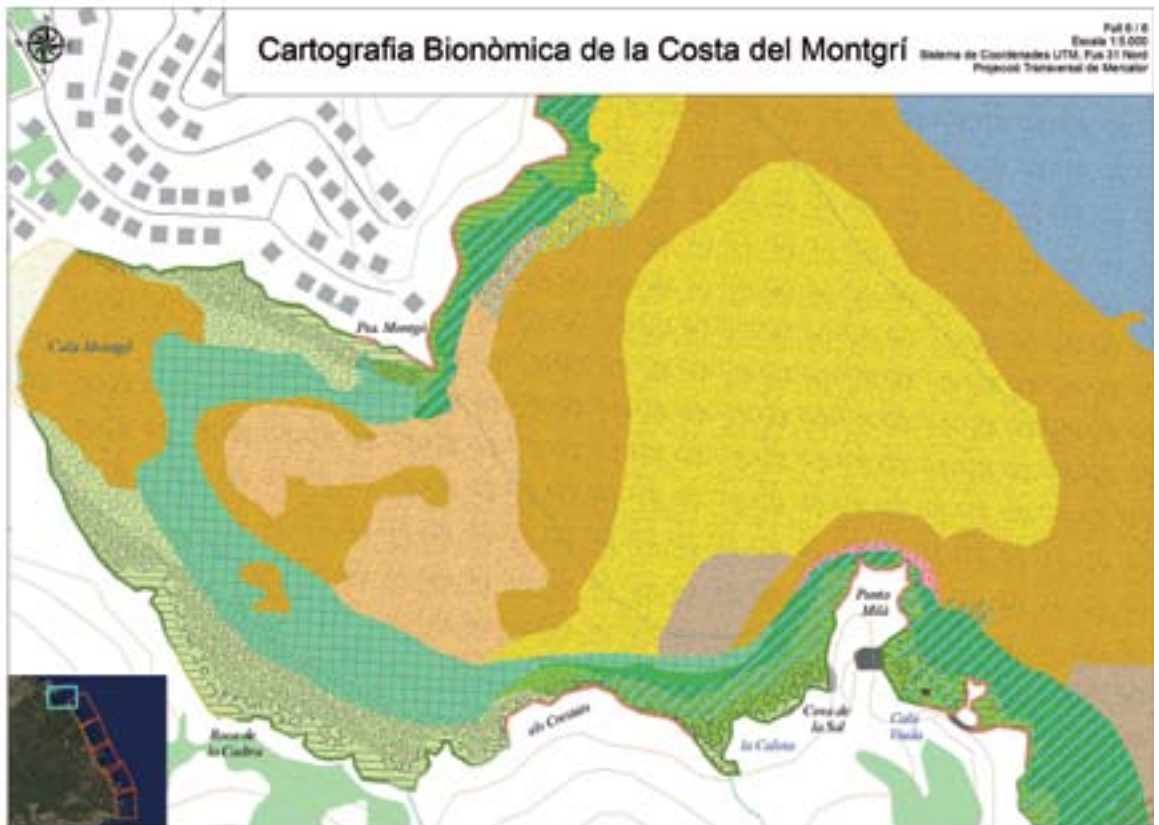
Annex 1-3.





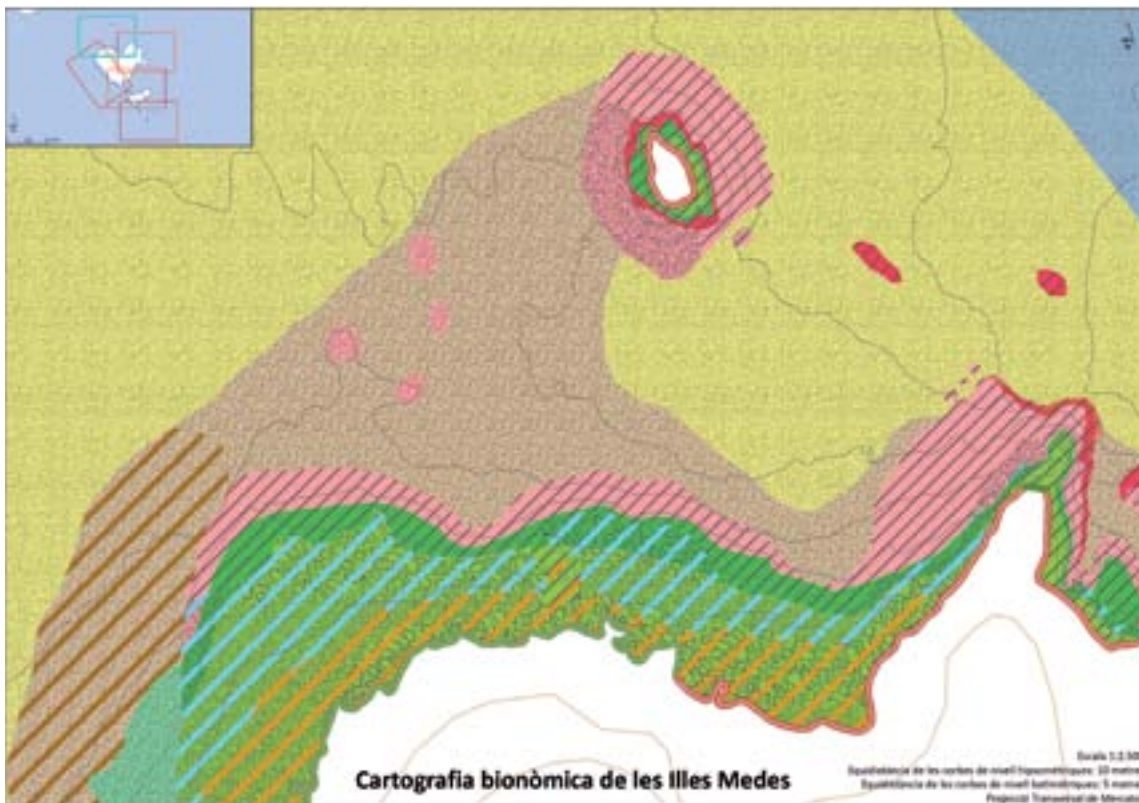


Annex 1-6.



Annex 1-7.

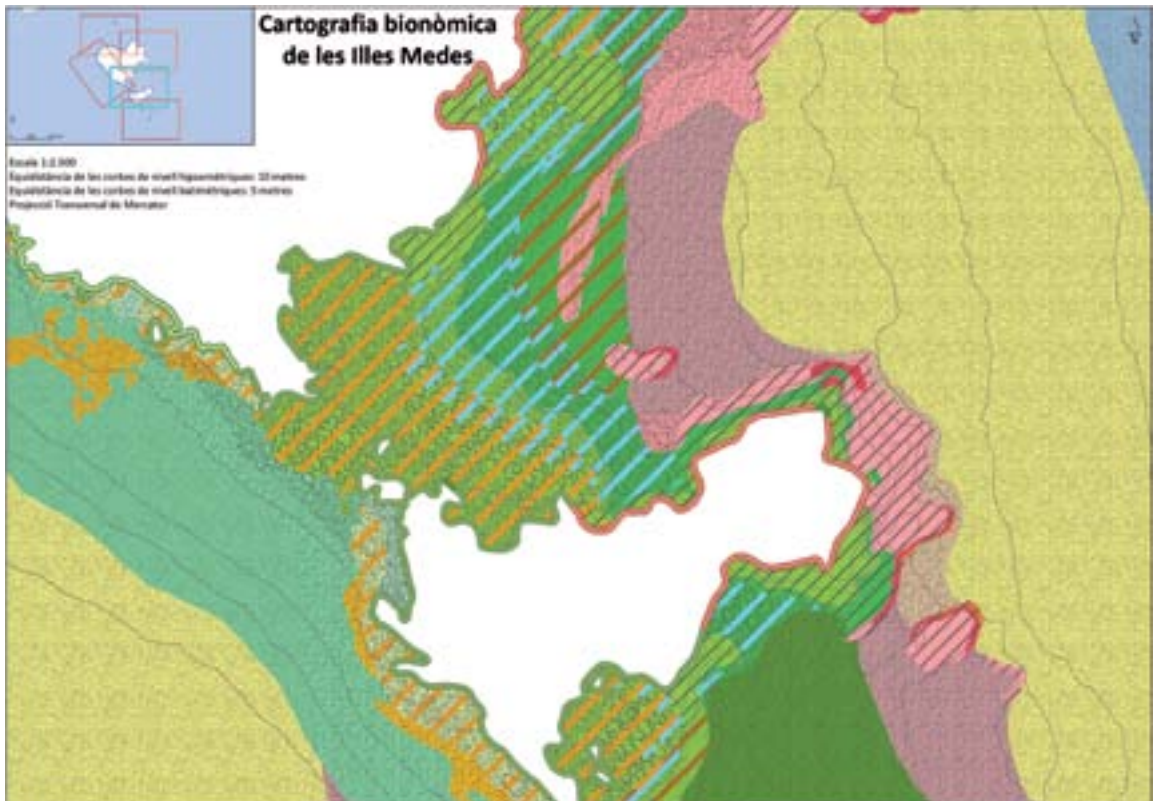




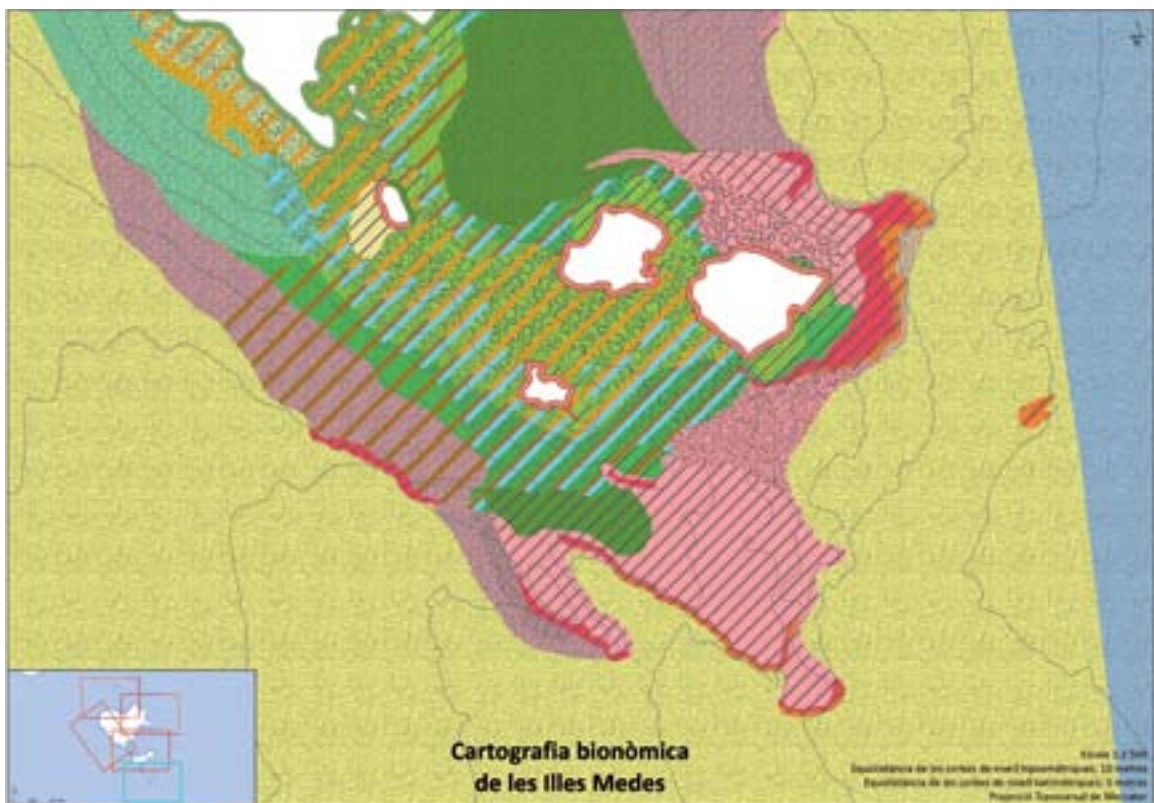
Annex 2-1.



Annex 2-2.

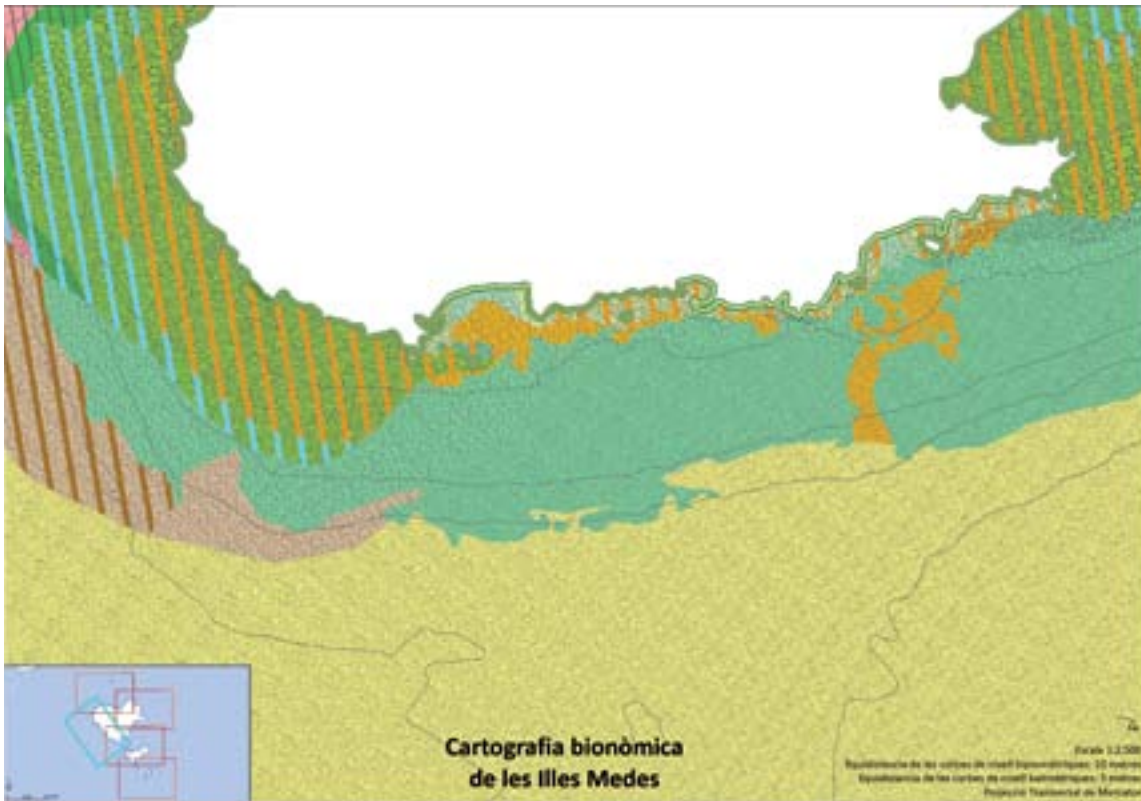


Annex 2-3.



Annex 2-4.





Annex 2-5.

## Bibliografia citada

Ballesteros E, Garcia-Rubies A, Mariani S, Coma R, Diaz D, Zabala M, Hereu B (2008) Seguiment de les àrees protegides de Cap de Creus, Montgrí i Illes Medes. Informe tècnic per a la Direcció General de Medi Natural, Generalitat de Catalunya.

Coma R, Pola E, Ribes M, Zabala M (2004) Long-term assessment of temperate octocoral mortality patterns, protected vs. unprotected areas. *Ecological Applications* 14: 1466-1478.

Di Franco A, Ferruzza G, Baiata P, Chernello R, Milazzo M (2010) Can recreational scuba divers alter natural gross sedimentation rate? A case study from a Mediterranean deep cave. *ICES Journal of Marine Sciences* 67: 871-874.

European Communities (1991) CORINE Biotopes Manual: a method to identify and describe consistently sites of major importance for nature conservation, all volumes, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.

Garrabou J, Sala E, Arcas A, Zabala M (1998) The impact of diving on rocky sublittoral communities: A case study of a Bryozoan population. *Conservation Biology* 12: 302-312.

Gili JM, Ros J (1982) Bionomía de los fondos de sustrato duro de las islas Medes (Girona). *Oecologia Aquatica* 6: 199-26.

Gili JM, Ros J (1985) Study and cartography of the Benthic Communities of Medes Islands (NE Spain). *Marine Ecology* 6: 219-238.

Hereu B, Linares C (2003) Les comunitats algals de la Costa del Montgrí i les illes Medes. *Papers del Montgrí* 16: 72-114.

Hereu B, Rodríguez A, Linares C, Diaz D, Riera JL, Zabala M (2010) Cartografia bionòmica del litoral submergit de la costa del Montgrí. Informe tècnic per a la Diputació de Girona.

Hereu B, Ricart AM, Rodríguez A, Linares C, Diaz D, Riera JL (2011) Cartografia bionòmica del litoral submergit de les Illes Medes. Informe tècnic per al Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca. Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya.

Hereu B, Linares C, Diaz D, Riera JL, Rodríguez A, Navarro L, Aspillaga E, Canal M, Amblàs D (2012) Cartografia de les praderies de *Cymodocea nodosa* al golf de Pals. Informe tècnic per a la Diputació de Girona.

Linares C, Coma R, Diaz D, Zabala M, Hereu B, Dantart L (2005) Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 305: 127-137.

Linares C, Doak DF (2010) Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: a case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 402: 59-68.

Manzanera M, Romero J (1997) Cartografia de la praderia de *Posidonia oceanica* de les illes Medes. Seguiment temporal de la Reserva Marina de les illes Medes, informe anual 1997, (PCC 10.05.227.0715). Direcció General del Medi Natural.

Navarro L, Ballesteros E, Linares C, Hereu B (2011) Spatial and temporal variability of deep-water algal assemblages in the Northwestern Mediterranean: The effects of an exceptional storm. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 95: 52-58.

Romero J, Pérez M, Sanmartí N, Llagostera I, Dalmau A (2012) Estat ecològic de les praderies de *Cymodocea nodosa* a la badia de Palaus. Informe tècnic per a la Diputació de Girona.

Ros J, Olivella I, Gili JM (1984) Els sistemes naturals de les illes Medes. *Arxius de Ciències*, 73: 707-735, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

Vigo J, Carreras J, Ferré A (ed) (2008) Manual dels hàbitats de Catalunya. Catàleg dels hàbitats naturals reconeguts en el territori català d'acord amb els criteris establerts pel CORINE biotopes manual de la Unió Europea. Vol. 2. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge.

# Clima i règim tèrmic de les aigües de les illes Medes i el Montgrí

Josep Pascual, Nathaniel Bensoussan<sup>1</sup>, Jordi Salat<sup>2</sup>, Joaquim Garrabou<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IPSO FACTO, SARL, Pôle Recherche Océanologie et Limnologie, Marseille, France

<sup>2</sup> Institut de Ciències de la Mar (ICM-CSIC), Barcelona



## Introducció

Els ecosistemes litorals són fortament influenciats per les condicions físico-químiques en què es desenvolupen. Entre els principals factors que modulen la distribució dels organismes principalment hi trobem l'hidrodinamisme, la llum, els nutrients i la temperatura (Zabala i Ballesteros, 1989). Potser la prova més evident de la influència dels factors ambientals és l'anomenat patró de zonació, és a dir, la disposició de les diferents comunitats en clares bandes a mesura que guanyem fondària (Ros *et al.*, 1984). La modificació del marc físic pot, doncs, causar canvis importants en la composició i distribució de les comunitats. Així, no és d'estranyar que conèixer la resposta dels ecosistemes enfront del canvi climàtic actual (escalfament, tempestes, etc...) esdevingui una preocupació destacada per a la conservació del patrimoni natural del litoral mediterrani i, en concret, el patrimoni dels espais naturals protegits com el del Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter.

A la Mediterrània nord-occidental s'ha constatat l'escalfament de l'aigua de mar al llarg del darrer terç de segle (Salat Pascual, 2006; Romano i Lugrezy, 2007; Bensoussan *et al.*, 2009; Vargas Yáñez *et al.*, 2010). L'escalfament observat s'ha relacionat principalment amb canvis en la distribució d'espècies i esdeveniments de mortalitat massiva. Entre aquests últims, destaquem els observats als estius de 1999 i 2003, que varen afectar les poblacions d'invertebrats bentònics de la Mediterrània nord-occidental (Cerrano *et al.*, 2000, Pérez *et al.*, 2000; Garrabou *et al.*, 2009; Coma *et al.*, 2009). En el context actual de canvi climàtic i de convergència de tots els models cap a: 1) un escalfament superior a la mitjana per a la regió de la Mediterrània NO, i 2) un augment de la freqüència d'episodis extrems tals com les onades de calor (Somot *et al.*, 2008), hem de témer que en els propers anys els senyals dels efectes del canvi climàtic siguin més freqüents i de major amplitud geogràfica. En conseqüència, resulta crucial recollir informacions sobre l'evolució del clima i les condicions hidrològiques a la zona costanera que permetin explorar les possibles conseqüències per als ecosistemes. En particular, és important contribuir a l'adquisició de dades a llarg termini i a gran escala, per tal d'establir les bases de referència i poder així analitzar les tendències d'escalfament a nivell regional i contribuir a la detecció i caracterització d'anomalies tèrmiques.

Tot i que hi ha sèries temporals climàtiques llargues i de bona qualitat en punts a prop de la nostra costa, com ara les de l'Observatori de l'Ebre a Roquetes i la del Fabra, a Barcelona, les dades de temperatura de l'aigua de mar en el medi costaner mediterrani són històricament rares. Com a excepció, la Costa Brava gaudeix de la sèrie històrica ininterrompuda més llarga de la Mediterrània NO: la sèrie de l'Estartit (iniciada i mantinguda per en Josep Pascual amb el suport de la Generalitat de Catalunya, Diputació de Girona i l'Institut de Ciències del Mar-CSIC). Aquesta sèrie proporciona, per la seva antiguitat (uns 40 anys de mesures), una perspectiva inestimable per al coneixement de l'evolució del clima i de les condicions hidrològiques marines durant les darreres dècades en aquesta part de la Mediterrània. Paral·lelament, es varen iniciar al 2002 l'adquisició de sèries de temperatura en alta resolució a les illes Medes, que s'han integrat en una xarxa regional d'estudi del règim tèrmic litoral de la Mediterrània ([www.t-mednet.org](http://www.t-mednet.org)).

Els resultats obtinguts de les anàlisis d'aquestes sèries de dades són l'objectiu principal d'aquest capítol.

## Esbós del clima de la zona del Montgrí i les illes Medes

La zona del Montgrí i les illes Medes es caracteritza per tenir un clima de tipus mediterrani, amb una pluviometria anual al voltant dels 600 mm tot i que, habitualment, la distribució és força irregular. Per exemple, a l'any més plujós dels darrers 45 anys a l'Estartit (1994, amb 985,7 mm), la pluja caiguda va ser més de tres vegades superior al total de l'any més sec (1973, amb 266,7 mm). A més, la pluja es concentra en curts períodes; així, per exemple, el mateix any 1994, durant els 8 primers mesos (gener a agost), es van totalitzar 176,7 mm de pluja, mentre que el mes octubre en van caure 601,3 mm.

Aquesta irregularitat també es troba amb el vent. La tramuntana pot estar bufant setmanes seguides (amb petites pauses) o estar setmanes seguides sense aparèixer. Amb tot, la tramuntana no és el vent que bufa amb més freqüència, encara que és el que assoleix valors més destacables. Bufa amb força quan ho fa entre l'octubre i l'abril. Tot i que, durant l'estiu, també apareix de vegades, la seva força sol ser menor. Possiblement, però, els vents que bufen amb una major freqüència són les marinades: el "gregalet" (NE), el "foranell" (SE) i el garbí (aquí en diem aquest nom quan bufa del sud). Són vents tèrmics que s'originen pel contrast de temperatura entre la terra i el mar i solen aparèixer des de mig matí o migdia fins al vespre ("el garbí, a les set se'n va a dormir") des del mes d'abril a setembre. No solen passar de força 2 o 3. Els terrals, que bufen durant moltes nits, especialment a la matinada, no assoleixen tanta força i són més habituals durant els mesos d'hivern. Altres vents menys freqüents són els garbins, que precedeixen els fronts de pluges, i els llevants o xalocs, que, quan bufen amb força, són associats als temporals de mar.

Referent a les temperatures, la mitjana climàtica anual a l'Estartit (entre 1971 i 2011) és de 15,5 °C, amb una amplitud mitjana diària de 7,4 °C. El mes més fred de la sèrie és el gener de 1985, amb 5,5 °C, i el més càlid, l'agost de 2003, amb 26,4 °C de mitjana. Les temperatures extremes observades: màxima de 36,9 °C el 13 d'agost de 2003 (a Roca Maura va arribar a 39,3 °C) i mínima de -7,1 °C el 15 de gener de 1985.

## Règim tèrmic de les aigües de la zona del Montgrí i les illes Medes

L'examen de les mitjanes mensuals permet analitzar l'evolució estacional de l'estructura tèrmica. Hom observa una estructura clàssica per a la Mediterrània nord-occidental amb una fase homoterma i una d'estratificació tèrmica que presenta un màxim estival normalment durant el mes d'agost (Figura 1). L'estratificació es va reduint durant la tardor fins al novembre, mes que presenta les temperatures més elevades en fondària (80 m). A partir de novembre s'inicia una etapa d'homotèrmia de la columna d'aigua relativament calenta (al voltant dels 15-16 °C), que es va refredant paulatinament fins assolir els seus mínims al voltant dels 12-13 °C als mesos de febrer-març. Durant aquesta etapa, la temperatura del mar és molt constant des de les capes més properes a la superfície del mar fins a centenars de metres de fondària. A partir del mes de març, però, a mesura que el dia s'allarga i el sol passa a



més altura per sobre de l'horitzó, la capa d'aigua més propera a la superfície del mar comença a escalfar-se. A l'abril, la temperatura comença a augmentar a la superfície però es manté al voltant dels seus mínims anuals (13 °C) per sota. Entre maig i juny, la temperatura augmenta ràpidament i assolix valors 3-5 °C més alts cada mes, que donen pas a una nova fase de estratificació anual. Aquest escalfament superficial penetra en fondària per l'efecte de les tramuntanades i, amb menys freqüència, algun temporal de mar, que provoquen una barreja de les aigües més properes a la superfície del mar i fan que a la superfície la temperatura baixi, però que el gruix d'aigua temperada, a poc a poc, vagi augmentant. És aproximadament durant la segona quinzena de maig o durant el juny que ja queden definides dues masses d'aigua de característiques diferents: l'aigua més propera a la superfície, amb una temperatura més alta i, per tant, amb una densitat més baixa, i les aigües de sota, encara fredes i amb una densitat més alta. Aquesta diferenciació es manté habitualment fins a ben entrada la tardor.

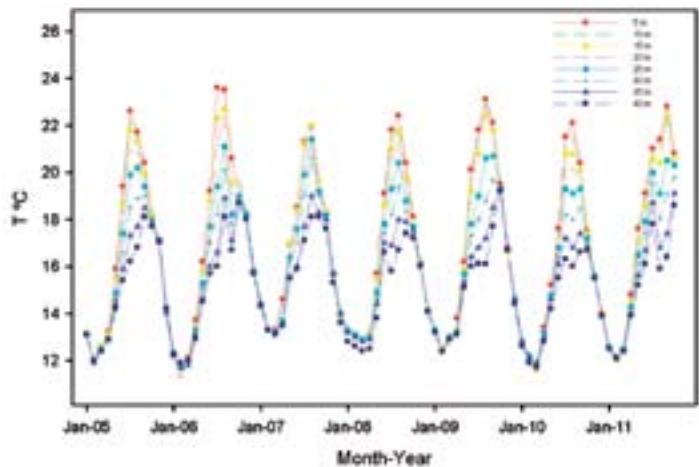


Figura 1. Mitjanes mensuals de temperatura entre 5-40 m de fondària de la vertical de la Pota del Llop (Meda Gran) Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i el Baix Ter pels anys 2005 al 2011.

La zona de transició entre les dues masses d'aigua es coneix com a "termoclina" (Figura 2). Tanmateix, aquesta diferenciació no sempre és tan definida i, sovint, és un canvi gradual al llarg de bastants metres de fondària (Figura 3).

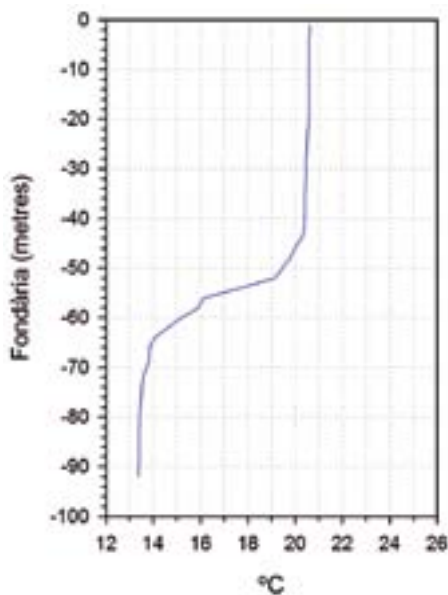


Figura 2. Estructura tèrmica de l'aigua del mar a una milla de les Illes Medes el 31 d'Agost de 2010, on es pot apreciar una marcada termoclina entre 50 i 60 metres de fondària.

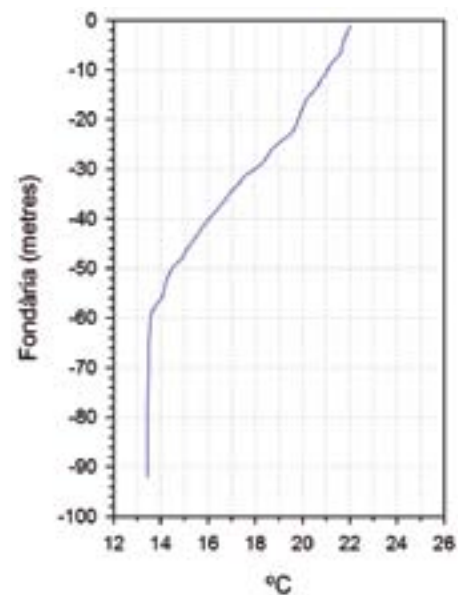


Figura 3. Estructura tèrmica de l'aigua del mar a una milla de les Medes el 10 de juliol de 2010. La termoclina no es tan marcada i hi ha un canvi més gradual de temperatura en fondària.

Si bé el patró estacional es repeteix tots els anys, s'observen diferències interanuals tant en els valors estivals i hivernals assolits com en la dinàmica hidrològica (en el temps d'establiment i magnitud de l'estratificació). Destaquem, per exemple, els estius de 2006 i 2009, en què s'assoliren les temperatures mitjanes mensuals més elevades (mesos de juliol i agost) (Figura 1).

Les temperatures mínimes observades a les illes Medes corresponen a les normals per a la Mediterrània i oscil·len entre els 12-13 °C. Tanmateix, en alguns anys les temperatures mitjanes dels mesos d'hivern han estat fins i tot inferiors, al voltant dels 11,5 °C (Figura 1). És destacable que en alguns anys, com el 2006, es pot observar una clara inversió tèrmica durant l'hivern, quan les capes superficials presentaven temperatures més fredes que les fondes. Aquest fenomen està lligat a la influència de les aigües del Ter. El mes de febrer de 2006, la temperatura mínima enregistrada correspon als 10,3 °C, mesurats a 10 m.

Les temperatures màximes s'assoleixen preferentment en el mes d'agost i varien al voltant dels 24 °C, i més excepcionalment arriben als 26 °C (el mes d'agost del 2012 s'ha enregistrat la temperatura més elevada de la sèrie, amb 26,1 °C). Globalment, l'oscil·lació tèrmica a les illes Medes a la zona superficial pot superar els 15 °C, mentre que a les zones fondes rarament sobrepassa els 10 °C.

Una altra de les característiques del règim tèrmic de l'aigua del mar a les illes Medes és l'augment del coeficient de variació (CV) en fondària, que ens indica una major variabilitat relativa en els canvis de temperatura en fondària que en superfície (Figura 4). En general, tots els anys presenten el mateix patró de variabilitat, amb algunes excepcions, com els anys 2011 i 2007, que mostren un CV inferior a la resta d'anys, mentre que els anys amb temperatures elevades (2003, 2006 i 2009) presenten una major variabilitat en les condicions tèrmiques (Figura 4).

L'augment de la variabilitat en fondària s'explica pels fenòmens d'enfonsament de la termoclina durant el període estival i inici de la tardor (Figura 5). En efecte, durant els períodes estivals s'observa, entre mitjan

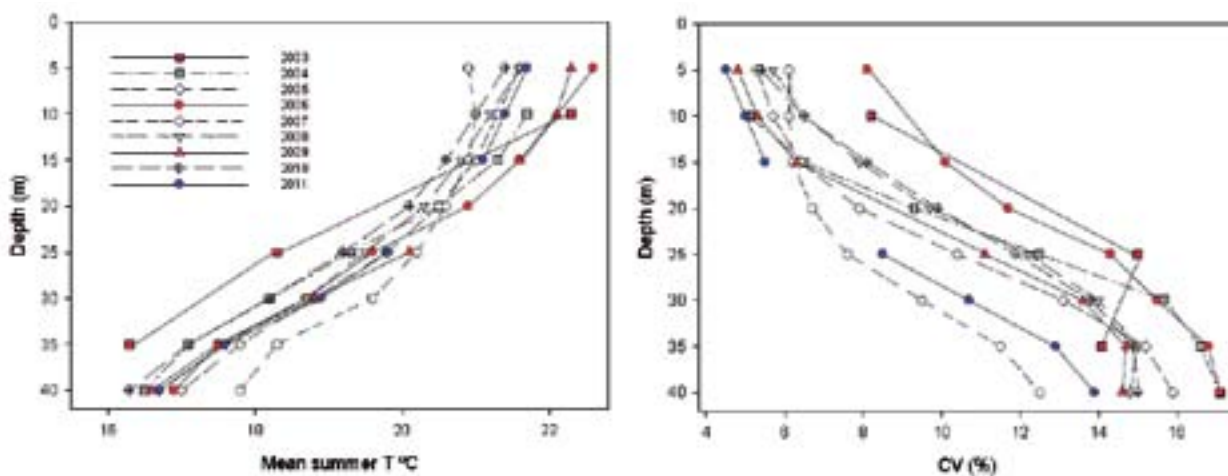


Figura 4. Temperatures mitjanes i coeficient de variació (CV) entre 5-40 m corresponents al període estival (1 de juliol al 30 de setembre) de la vertical de la Pota del Llop (Meda Gran) Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter.

juny i finals de setembre, una clara inestabilitat de l'estructura tèrmica, amb oscil·lacions verticals de la termoclina de més de 20 m en pocs dies. Aquestes oscil·lacions solen estar relacionades amb la força dels corrents de component E. En efecte, tot i que durant l'estiu habitualment els vents no són gaire destacables, les situacions persistents de tramuntana provoquen un corrent que, per l'efecte de Coriolis, es desvia aproximadament uns 90° cap a la dreta, de manera que és un corrent que va de mar enfora cap a la costa. Una vegada troba la costa ja no pot avançar més i es veu obligat a anar cap avall, de manera que augmenta el gruix d'aigua temperada. Al revés passa en situacions persistents de vents del sector de garbí: es crea un corrent que va cap enfora, obliga a aflorar aigües fredes de nivells inferiors i puja notablement de cota la termoclina. A la Figura 6, tenim els dos exemples de l'agost de 2010: el dia 7, després d'uns dies amb tramuntana i el dia 22, després d'una situació de garbí.

Les anàlisis dels règims tèrmics en d'altres zones de la Mediterrània també mostren uns patrons en els respectius règims tèrmics estivals (Bensoussan *et al.*, 2010, Crisci *et al.*, 2011). Aquestes especificitats locals són patents malgrat les diferències interanuals que s'observen, com en el cas de les illes Medes. Les condicions locals estarien lligades a l'orografia i batimetria de la zona, com també a la influència dels diferents factors que modelen les principals característiques hidrodinàmiques de la regió de la Mediterrània NO: els vents orogràfics de component nord i les intrusions del corrent nord sobre la zona de la plataforma continental (per a més informació, vegeu Bensoussan *et al.*, 2010).

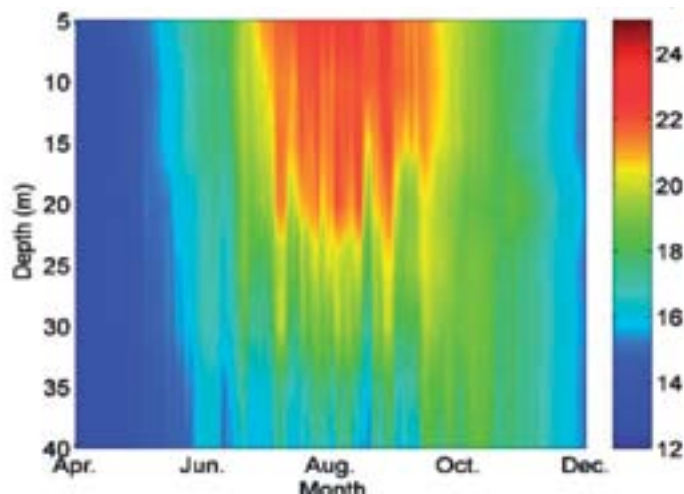


Figura 5. Enregistraments tèrmics entre 5-40 m de la vertical de la Pota del Llop (Meda Gran) Parc Natural del Montgrí, Illes Medes i Baix Ter. Mitjanes diàries dels enregistraments entre 2002 i 2010.

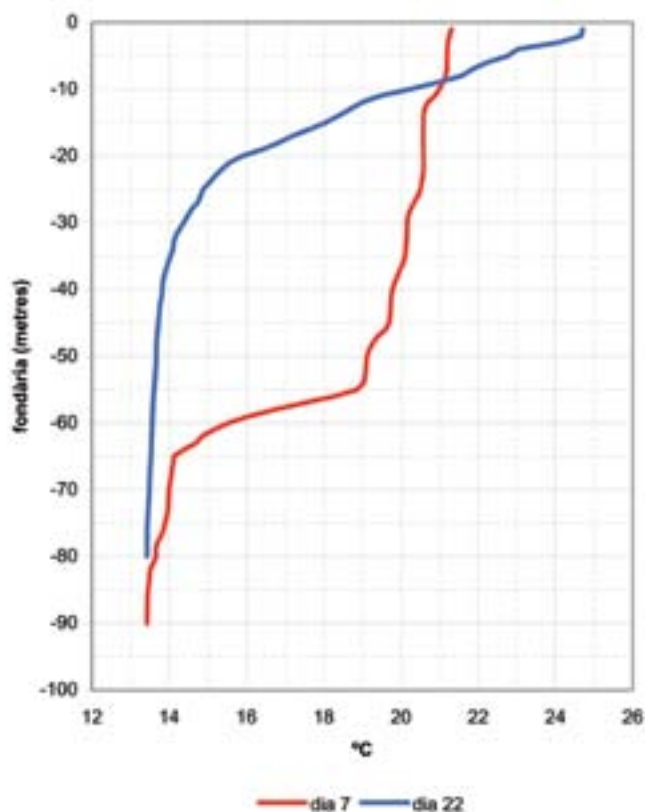


Figura 6. Temperatura del mar en fondària a una milla de les Illes Medes els dies 7 i 22 d'Agost de 2010.

# Tendències a llarg termini

## Evolució del clima durant els darrers 40 anys

Certament, sembla que anem cap a un canvi en el clima; si més no, aquesta és la tendència de les diferents variables climàtiques estudiades al llarg dels darrers anys. Tanmateix, no s'aprecia una tendència definida sobre si la mitjana pluviomètrica està augmentant o disminuint a la zona del Montgrí. Agafant les dades dels darrers 45 anys, però, s'aprecia un augment de la precipitació per dia de pluja considerable. És a dir, de mitjana, plou igual amb menys dies; per tant, d'una manera més irregular i sobtada que, de ben segur, fa augmentar l'erosió del sòl. (Figura 7).

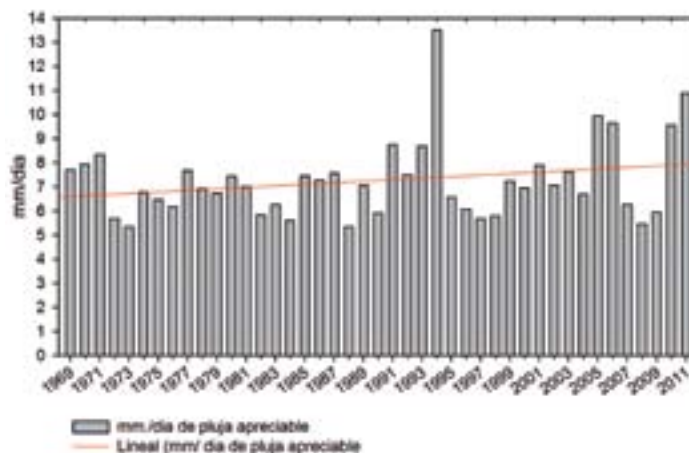


Figura 7. Mil·límetres de pluja caiguda per nombre dies amb pluja apreciable a L'Estartit entre 1969 i 2011.

Pel que fa a la temperatura de l'aire, s'està observant com durant les darreres dècades la temperatura mitjana està augmentant. Durant els darrers 40 anys s'ha enregistrat un augment de la temperatura mitjana en més d'un grau (Figura 8). Tot plegat repercuteix sobre l'evaporació potencial; és a dir, sense disminuir la quantitat ploguda de mitjana anual, amb una temperatura mitjana més alta, augmenta l'aridesa del terreny. Això és el que es pot observar en l'evolució de l'evaporació potencial mitjana diària durant mesos de juliol i agost dels darrers 35 anys a l'Estartit (mesurada amb un evaporímetre tipus "Piché") (Figura 9).

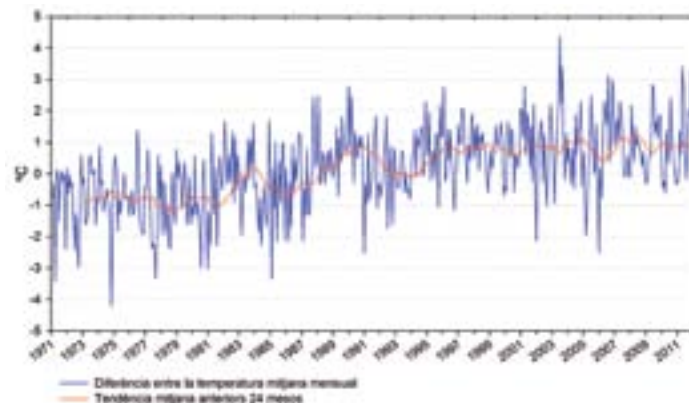


Figura 8. Diferència entre la temperatura mitjana mensual de l'aire i la corresponent mitjana climàtica a l'Estartit entre 1971 i 2011.

## Nivell del mar entre 1990 i 2012

En la Figura 10 es pot observar la tendència a l'augment del nivell del mar durant els darrers anys. Evidentment, això pot afectar les poblacions que es troben habitualment prop de la superfície del mar, a banda que és una de les causes del retrocés que s'observa a moltes platges.

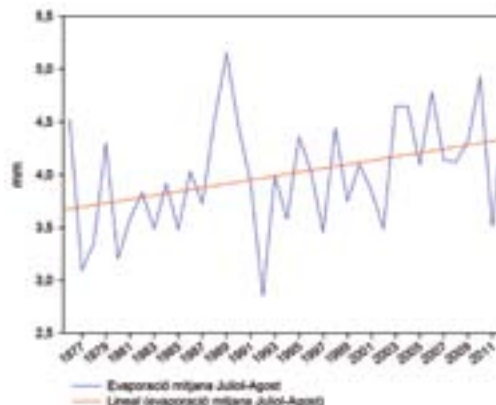


Figura 9. Evaporació potencial mitjana durant els mesos de juliol i agost entre 1977 i 2011.



### Evolució de la temperatura de l'aigua del mar entre 1974 i 2011

Igual que passa amb la temperatura de l'aire, també s'ha observat durant els darrers anys una tendència a l'augment de la temperatura de l'aigua del mar. Tot i que és més evident a prop de la superfície, també augmenta a la zona immediata. Aquest increment es pot xifrar en més de mig grau a la zona més superficial del mar durant els darrers 30 anys i al voltant de mig grau a 80 metres de fondària, tot i que l'augment és evident en tot aquest gruix d'aigua. Les següents gràfiques ens mostren la desviació de les temperatures mitjanes mensuals de l'aigua del mar respecte les corresponents mitjanes climàtiques, tant a la superfície com en una fondària de 80 metres (Figures 11 i 12).

Un aspecte important a l'hora de valorar l'evolució de la temperatura a la columna d'aigua és estudiar com ha anat variant la posició on es troba la termoclina i la seva persistència dins del cicle anual.

Per estudiar estadísticament a quina fondària es troba la termoclina, hem hagut d'adoptar un sistema que fos vàlid tant si la termoclina està molt definida, si està una mica difuminada o si es tracta d'un canvi gradual de la temperatura.

Dels sondatges de temperatura de l'aigua des de l'any 1974 fins a 2011, hem calculat la fondària de la termoclina seguint els següents criteris:

a) Hem considerat que començava a haver-hi termoclina quan la diferència de temperatura entre l'aigua de la superfície i la situada a 80 metres de fondària superava els 4 °C.

b) Tot i que durant la tardor la termoclina pot baixar dels 80 metres de fondària –la màxima fins a la qual habitualment fem l'observació–, considerem que la termoclina desapareix quan la temperatura a la superfície del mar és inferior als 17 °C.

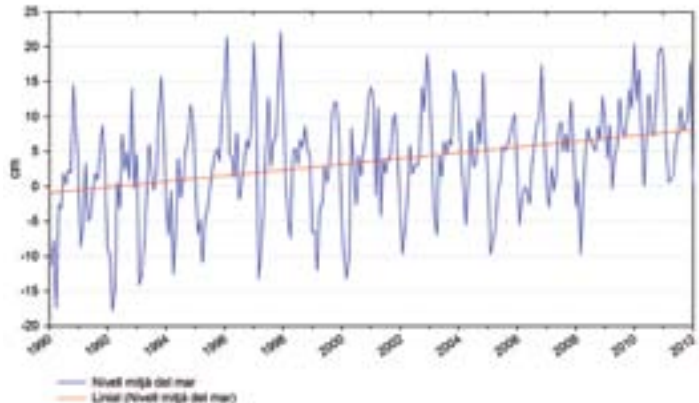


Figura 10. Nivell mitjà mensual del mar a l'Estartit entre 1990 i 2012.

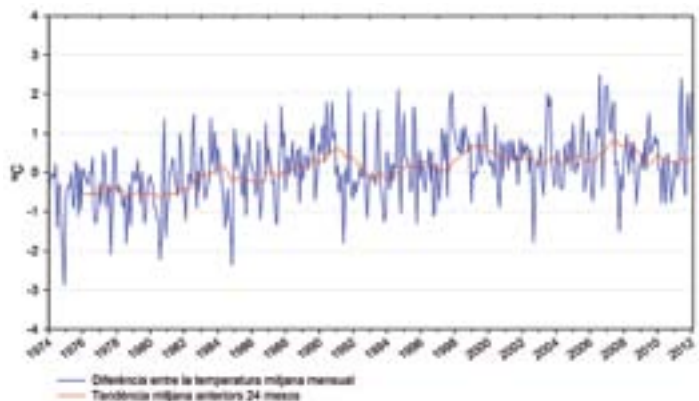


Figura 11. Temperatura de l'aigua del mar a la superfície a 1 milla de les Illes Medes. Diferència entre la temperatura mitjana mensual i la corresponent mitjana climàtica entre 1974 i 2011.

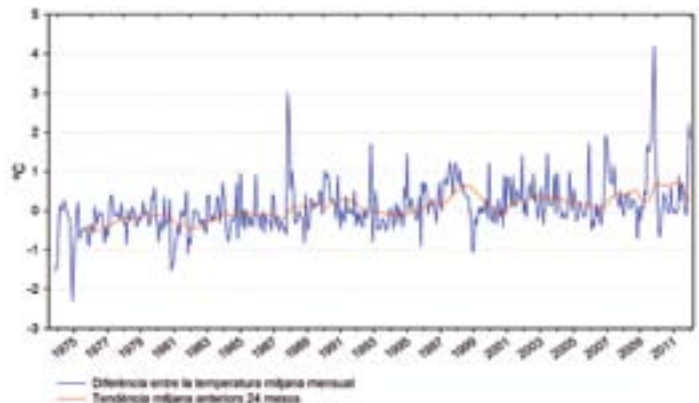


Figura 12. Temperatura de l'aigua del mar a 80 m de fondària a 1 milla de les Illes Medes. Diferència entre la temperatura mitjana mensual i la corresponent mitjana climàtica entre 1974 i 2011.

Una vegada considerats aquests dos criteris, per saber la fondària de la termoclina hem calculat a cada sondatge quina és la fondària on es troba la temperatura mitjana entre la superfície i els 80 metres de fondària d'aquell sondatge. Només a la tardor, si la temperatura a la superfície és superior als 17 °C i si fins als 80 metres de fondària la temperatura no varia gaire, aleshores està clar que la termoclina es troba a cotes inferiors als 80 metres; en aquests casos, per al càlcul de fondària de la termoclina hem considerat que es troba a -85 metres.

Fent un promig amb les dades de tots aquests anys, i considerant els mesos per quinzenes, la fondària mitjana de la termoclina es manté entre els 30 i 40 metres de fondària des de finals de primavera i durant l'estiu, i baixa progressivament de cota a partir del mes de setembre, tal com es mostra a la figura 13.

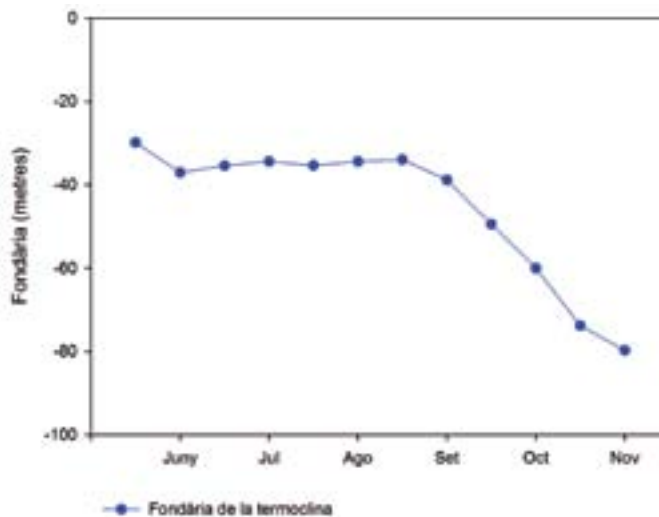


Figura 13. Mitjana de la fondària de la termoclina mensuals entre 1974-2011 a 1 milla de les Illes Medes.

Tot i que sembla que la tendència dels darrers anys de la termoclina és a baixar de cota (Figura 14), s'ha de prendre aquest fet amb reserves a causa que, com ja hem comentat més amunt, la termoclina pot variar molt de cota en uns pocs dies (Figura 6). Per altra banda, no seria estrany, tota vegada que s'està observant la tendència dels darrers anys a pujar la temperatura de l'aigua del mar, que també augmentés el gruix d'aigua temperada.

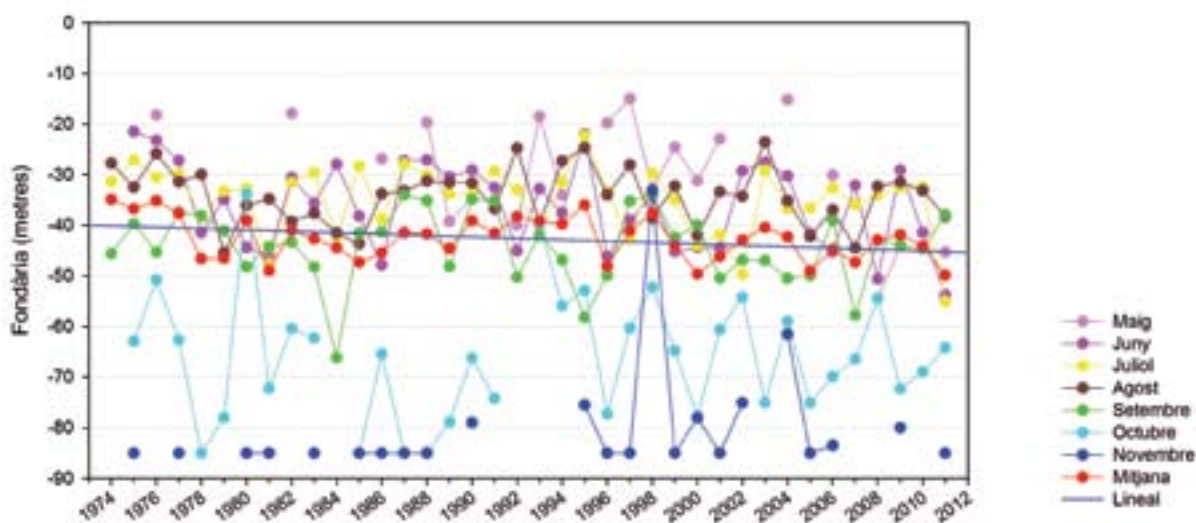


Figura 14. Fondària de la termoclina a 1 milla de les Illes Medes entre 1974 i 2011: mitjanes anuals i fondàries dels mesos amb estratificació.

Respecte a la durada del període en què s'observa la presència d'una termoclina, podem veure (Figura 15) que, d'acord amb els criteris indicats més amunt, obtenim un allargament total de gairebé 20 dies en 38 anys. Cal observar, a més, que aquest allargament afecta exclusivament l'inici de la temporada, mentre que el final no ha variat significativament.



Figura 15. Dies d'inici i fi del període d'estratificació entre el 1974 i 2011.

### Evolució 1991-2011 dels temporals de mar

Només des de fa un parell de dècades hi ha les boies que enregistren l'onatge al nostre país. De manera observacional, hem anotat els temporals de mar (amb onades de més de 3 metres d'alçada mitjana) que ens han afectat. En aquesta anàlisi hem exclòs els temporals de tramuntana, ja que el seu onatge no incideix perpendicularment a la nostra costa i, en aquest cas, per a l'estudi és millor agafar les dades dels registres del vent.

Naturalment, en observar els temporals sense aparells de mesura precisa, sempre hi ha el perill que l'observació sigui parcialment subjectiva. Amb tot, la Figura 16 mostra el nombre de temporals detectats per any.

Veiem com els temporals de mar han augmentat en els darrers anys (d'entre 2 a 4 anuals en els anys 70 a més de 5 temporals anuals durant la darrera dècada), tot coincidint amb l'augment d'una major irregularitat i intensitat en les pluges (vegeu més amunt).

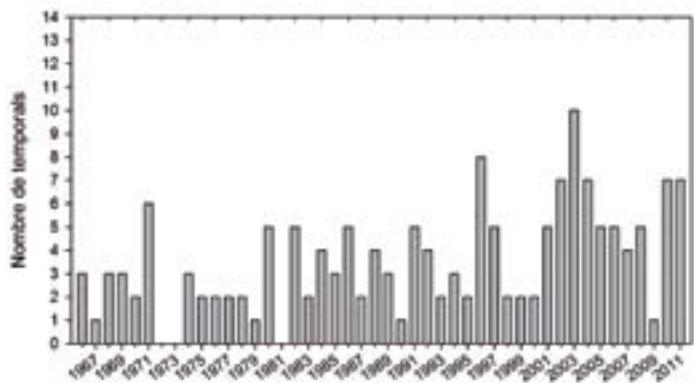


Figura 16. Nombre de temporals de mar per any entre 1967 i 2011.

Un fet corroboraria un possible increment del nombre de temporals. Es tracta dels desperfectes que han fet, fins i tot en zones on la mà de l'home no ha intervingut. Així, durant les darreres dues dècades s'ha constatat l'augment de les esllavissades causades pels temporals de mar i per les pluges intenses: durant els aiguats i temporals d'octubre de 1994 es va esllavissar la zona de les "Ulleres del Moro", a la Meda Gran (el mateix any de les greus esllavissades de la zona del Cap de la Barra, a l'Estartit).

Els 10 temporals de mar de la temporada 2003-2004 van masegar tant les zones de la costa exposades al mar que, finalment, a començaments de maig de 2004, hi va haver una impressionant esllavissada a la zona de la Coetera de la Meda; a banda, una esllavissada de menor importància es va observar a la zona de Sant Istiu, a l'illa Petita.

A la memòria de tots està encara el fort temporal del dia de Sant Esteve de 2008, amb ones que van

arribar a ser, en alguns moments, de 7 metres d'alçada mitjana, amb vents de més de 100 km/h. A banda d'altres indrets, hi va haver una important esllavissada a la zona del Guix de la Meda i va caure la característica punxa que hi havia a la "Punta de la Galera", que li donava el seu nom perquè recordava la proa d'un d'aquests vaixells.

Aquest temporal també va tenir greus conseqüències sobre els fons marins, ja que la força de les onades va malmetre les espècies i comunitats bentòniques, ja sigui directament o per l'efecte de l'erosió que va provocar el moviment de sediments i roques en els fons (vegeu capítols posteriors per a més detalls).

### Les aigües del Ter

Durant els darrers anys hem observat una disminució del cabal del Ter. Sens dubte, la proximitat de la gola d'aquest riu a la zona de les Medes i la seva aportació d'aigües dolces i nutrients ha afectat la biologia local. A causa de l'augment de l'aprofitament de les aigües del Ter per a diferents usos, ha disminuït durant els darrers anys el cabal d'aigua que aquest riu aporta al mar (Figura 17).

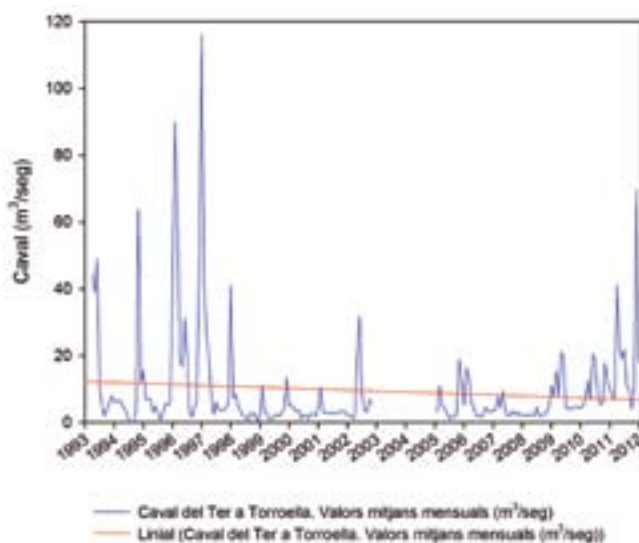


Figura 17. Mitjanes mensuals (m<sup>3</sup>/seg) del Cabal de Ter a Torroella entre 1993 i 2012.

## Com l'escalfament afecta les comunitats bentòniques

L'escalfament de l'aigua del mar es transmet des de la superfície cap a les capes d'aigua més fondes, i aquest fet l'acusen els organismes bentònics mostrant una resposta als episodis de mortalitat en massa que es troba molt lligada a la fondària (Garrabou *et al.*, 2009). D'altra banda, hom ha pogut observar que el límit superior de la distribució batimètrica d'algunes de les espècies més sensibles a les elevades temperatures estivals (e.g. corall vermell, gorgònies, certes esponges) varia segons la regió geogràfica i se situa a més fondària com més meridional sigui la localitat (Linares *et al.*, 2008). En aquest sentit, la costa del Montgrí i les illes Medes presenten poblacions molt somes de gorgònies, corall vermell i espècies d'esponges, totes elles característiques del coral·ligen. Aquestes poblacions només han estat feblement afectades per casos de mortalitat en els anys 2003 i 2006 (Garrabou *et al.*, 2009, Coma *et al.*, 2009).

La disponibilitat de les sèries de temperatura en alta resolució ha permès el desenvolupament d'altres descriptors de les condicions tèrmiques estivals, que, al seu torn, permeten una descripció més acurada de les condicions dels estivals. En aquest context, en el cas de les illes Medes, l'anàlisi dels percentatges de temps a > 23 °C ens permet diferenciar clarament els estius més calents, com els de 2003, 2006 i 2009 (Figura 18).



Les diferències són especialment evidents en els primers 25 m, encara que també s'observen en fondària. Així, en els anys considerats normals, el temps a  $> 23\text{ }^{\circ}\text{C}$  rarament supera el 10% en els primers metres i és gairebé nul en fondària durant període estival, mentre que en els anys més calents els percentatges foren entre 2 i 5 vegades superiors, arribant fins al 50% a 10 m a l'estiu del 2006 (Figura 18). Però fins i tot en els anys més calents les temperatures han estat rarament superiors a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A més, en aquests mateixos anys, els corrents de component E, causats per les situacions de vent de tramuntana (vegeu més amunt, Figura 6) provoquen l'enfonsament i un refredament suficient de les aigües superficials que evita l'exposició dels organismes a temperatures elevades, com passa en altres zones de la Mediterrània (Bensoussan *et al.*, 2010). Aquesta característica actuarà com un eficaç regulador per evitar l'exposició a condicions tèrmiques crítiques per a molts organismes bentònics i evita el desencadenament de forts fenòmens de mortalitat en aquesta àrea (Crisci *et al.*, 2011).

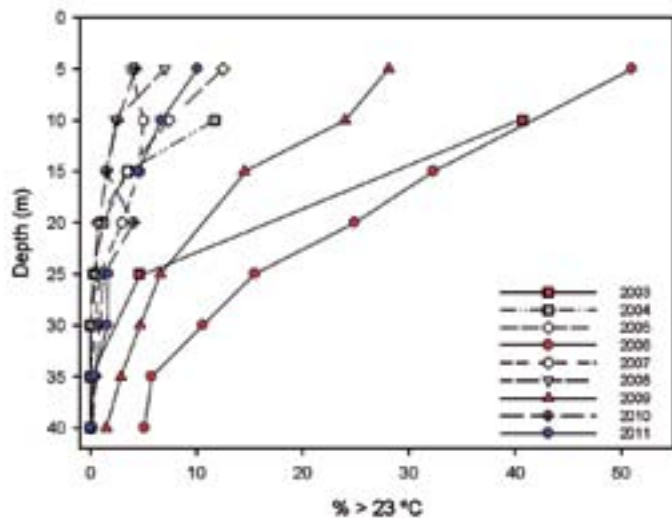


Figura 18. Percentatge de temps estival (1 juliol a 30 de Setembre) que la temperatura de l'aigua ha superat els  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre 5 i 40 m a la vertical de la Pota del Llop (Meda Gran) entre 2003 i 2011.

Tanmateix, l'augment de l'estabilitat de la termoclina (vegeu més amunt) podria tenir conseqüències dramàtiques en els propers anys per als organismes bentònics (Coma *et al.*, 2009). En efecte, durant l'estiu les espècies bentòniques (gorgònies i esponges) esgoten la majoria de les seves reserves energètiques, i un allargament de temperatures moderadament elevades pot causar disfuncions metabòliques que, en els casos més aguts, poden provocar la mort total o parcial dels organismes. Finalment, els efectes subtils lligats a la temperatura (no necessàriament durant el període estival) podrien causar igualment disfuncions importants en els cicles vitals de les espècies, que podrien tenir serioses conseqüències per a la seva persistència. Per exemple, l'augment anòmal de la temperatura durant la primavera del 2011 s'ha relacionat amb l'avançament de gairebé un mes en la reproducció de la gorgònia vermella *Paramuricea clavata* (Linares *et al.*, dades inèdites).

## Bibliografia citada

Bensoussan N, Romano JC, Harmelin JG, Crisci C, Pascual J, Garrabou J (2009) Warming trends, regional fingerprints and future trajectories of NW Mediterranean coastal waters. 1st Mediterranean Symposium on Coralligenous, Tabarka, Tunisia pp. 166-167.

Bensoussan N, Romano JC, Harmelin JG, Garrabou J (2010) High resolution characterization of northwest Mediterranean coastal waters thermal regimes: to better understand responses of benthic communities to climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 87:431-441.

Cerrano C, Bavestrello G, Bianchi CN *et al.*, (2000) A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (Northwestern Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters*, 3, 284-293.

Coma R, Ribes M, Serrano E, Jimenez E, Salat J, Pascual J (2009) Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 15: 6176-6181.

Crisci C, Bensoussan N, Romano JC, Garrabou J (2011) Temperature anomalies and mortality events in marine communities: insights on factors behind differential mortality impacts in the NW Mediterranean. *PLoS ONE* 6(9): e23814.

Garrabou J, Coma R, Chevaldonné P, Cigliano M, Diaz D, Harmelin JG, Gambi MC, Kersting DK, Lejeune C, Linares C, Marschal C, Pérez T, Ribes M, Romano JC, Teixido N, Serrano E, Torrents O, Zabala M, Zuberer F, Cerrano CA (2009) Mass mortality in NW Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology* 15, 1090-1103.

Linares C, Coma R, Garrabou J, Diaz D, Zabala M (2008) Size distribution, density and disturbance of two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology* 45, 688-699

Perez T, Garrabou J, Sartoretto S, Harmelin JG, Francour P, Vacelet J (2000) Mass mortality of marine invertebrates: an unprecedented event in the Northwestern Mediterranean. *Comptes Rendus de l'Académie des Science Paris, Science de la Vie*, 323, 853-865.

Romano J-C, Lugrezi M-C (2007) Série du marégraphe de Marseille : mesures de températures de surface de la mer de 1885 à 1967. *Comptes Rendus de l'Académie des Science Paris, Science de la Vie* 323: 853-865.

Ros J, I Olivella, JM Gili (1984) Els Sistemes naturals de les illes Medes. *Arxius de Ciències*, 73: 707-735. IEC Barcelona.

Salat J, Pascual J (2006) Principales tendencias climatológicas en el Mediterráneo Noroccidental, a partir de más de 30 años de observaciones oceanográficas en la costa catalana. En: *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*, J.M. Cuadrat Prats, M.A. Saz Sánchez, S.M. Vicente Serrano, S. Lanjeri,

N. de Luis Arrillaga y J.C González-Hidalgo (eds.). Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), serie A, num. 5: 284-290.

Somot S , Sevault F, Déqué M, Crépon M (2008) 21st century climate change scenario for the Mediterranean using a coupled Atmosphere-Ocean Regional Climate Model. *Global and Planetary Change* 63: 112-126.

Vargas Yáñez M, García Martínez MC, Moya Ruiz F, Tel E, Parrilla G, Plaza F, Lavín A, García MJ (2010) Cambio climático en el Mediterráneo español. *Temas de oceanografía (IEO)*, 1, 176 p.

Zabala M, Ballesteros B (1989) Surface-dependent strategies and energy flux in benthic marine communities or, why corals do not exist in the Mediterranean. *Scientia Marina* 53: 3-1.



# L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes: més de trenta anys d'estudi

Javier Romero<sup>1</sup>, Marta Pérez<sup>1</sup>, Teresa Alcoverro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

<sup>2</sup> Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC)



## Introducció.

### Una mica d'història. Un laboratori sota el mar

Fins on hem pogut esbrinar, el primer estudi publicat en una revista científica sobre la praderia o alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes és el de De Haro (1965). En aquella època, la investigació dels fons marins estava als seus inicis i probablement la praderia de les illes Medes va ser un dels primers llocs en què, amb mitjans força precaris i a càrrec d'uns joves estudiants, es van efectuar prospeccions en immersió, tècnica que tot just començava però que molt ràpidament havia de substituir les dragues i altres artefactes menys fiables. Amb el Programa de Bentos, entre 1972-1974 (Ros, 1982) –precisament aquest autor (vegeu el capítol 1) era un d'aquells «joves estudiants»; l'altre era en Jordi Camp, actualment investigador del CSIC–, la recerca bentònica va agafar un primer impuls i l'escafandre autònom es va incorporar plenament com a eina d'observació i mostreig. Durant aquest programa, es va situar una de les estacions de treball a les illes Medes, i l'alguer de *Posidonia* va ser un dels hàbitats objecte d'estudi, tot i que més aviat amb un objectiu faunístic i biocenòtic que estrictament ecològic.

La riquesa submarina d'aquestes illes va fer que els projectes posteriors d'ecologia bentònica, finançats per la llavors anomenada *Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica de la Presidencia del Gobierno*, s'hi centressin. Un d'aquests projectes (1976-1978) va aportar les dades amb què es va elaborar la primera cartografia dels fons de les illes (Ros *et al.*, 1984), on apareix l'alguer, i el següent (1981-1983) va marcar l'inici dels estudis estrictament ecològics, amb la tesi d'un de nosaltres (Romero, 1985) com a primer treball de certa envergadura sobre les fanerògames marines de la costa catalana i espanyola. En el volum monogràfic sobre els sistemes naturals de les illes (Ros *et al.*, 1984) hi ha dos capítols dedicats a les praderies de fanerògames marines, el primer sobre aspectes ecològics i biologia de la planta (Romero, 1984, 10 pp.) i el segon sobre aspectes biocenòtics (Ballesteros *et al.*, 1984, 22 pp). El desequilibri en les extensions respectives evidencia un enfocament fins aquell moment esbiaixat cap a una concepció de la praderia com a hàbitat, en detriment de la concepció de la praderia com a ecosistema. Aquest biaix es va compensar els anys successius gràcies a nous projectes i a la incorporació de noves generacions d'ecòlegs marins joves i entusiastes.

Entre 1984 (data de la publicació del volum monogràfic esmentat) i 2012 (data de publicació d'aquest volum), l'estudi de l'alguer de les illes Medes s'ha disparat i els coneixements s'han anat acumulant. Aquest increment gegantí en la informació sobre l'alguer i la dràstica millora de la comprensió dels processos que alberga o determina han respost a dos interessos principals i independents, però absolutament complementaris: primer, la necessitat de conèixer millor un sistema emblemàtic i essencial en el conjunt del patrimoni natural submergit de les illes, en part per respondre a les demandes de protecció i conservació associades; i, segon, l'interès intrínsec dels alguers submarins com a sistema ric, complex i de gran valor patrimonial, en què, a més, es pot aprendre sobre processos ecològics de validesa general. Si hi afegim la condició d'àrea protegida, el que permet excloure, encara que només fins a cert punt, els efectes humans, el resultat és que l'alguer de les illes Medes ha acabat adquirint un caràcter marcat de laboratori submergit, amb beneficis potencials molt transversals i beneficiaris igualment variats, des dels gestors de l'àrea protegida fins a la comunitat científica internacional.



En aquest capítol exposarem, a grans trets, el que hem après en aquest alguer, sobre aquest alguer i gràcies a aquest alguer, probablement el més estudiat de tota la Mediterrània.

## Les praderies de fanerògames marines: una comunitat clau en el sistema litoral

Les fanerògames o angiospermes marines formen un grup de plantes singular, tant per la seva evolució com per les funcions ecològiques que duen a terme (Romero, 2004). En efecte, es tracta d'un grup relativament petit (unes 70 espècies a tot el món) de plantes superiors d'evolució terrestre, que fa entre uns 60 i 80 milions d'anys es van adaptar secundàriament a la vida al mar. Des d'un punt de vista sistemàtic, es tracta d'espermatòfites o fanerògames, és a dir, plantes amb flor, arrel, tija i fulles, amb llavors embolcallades per un fruit (angiospermes) i emparentades, tot i que de manera llunyana, amb herbes terrestres com ara les gramínies (monocotiledònies). L'estructura, l'anatomia i la forma de reproducció que tenen, resultat de la seva història evolutiva terrestre, les diferencia de manera molt clara d'altres vegetals marins com ara les algues, grup molt heterogeni i nombrós, però molt més simple. Una d'aquestes diferències, la possessió d'arrels, permet a les angiospermes marines colonitzar fons de sediment, molt més extensos que els fons rocosos, de manera que les seves praderies poden arribar a ocupar grans superfícies. A la Mediterrània només hi ha cinc espècies, de les quals únicament dues es troben a les illes Medes o als voltants. La principal és *Posidonia oceanica*, espècie de port considerable que forma la praderia de la qual ens ocuparem sobretot en aquest article. Més cap al freu, i especialment al llarg de la platja entre l'Estartit i el Ter, apareixen taques disperses d'una altra espècie de menor port: *Cymodocea nodosa*.

Les angiospermes marines duen a terme funcions ecològiques crucials en les aigües costaneres, algunes de les quals tenen repercussions regionals o globals. Entre aquestes funcions cal assenyalar el seu paper com a constructores d'hàbitat, cosa que fa que alguns les qualifiquin d'espècies enginyeres. En efecte, tant les fulles com les tiges, modificades en forma de rizomes (parcialment enterrats, alguns d'ells amb creixement horitzontal i d'altres amb creixement vertical), formen un suport físicobiològic que dóna aixopluc, proveeix de substrat o ofereix aliment a una enorme varietat d'espècies vegetals i animals, de manera que constitueix un autèntic oasi de biodiversitat. D'altra banda, les praderies de fanerògames marines són responsables d'una sèrie de serveis ecològics (producció d'oxigen i d'aliment, protecció de platges, filtre natural, embornal de carboni, etc.) que les converteixen en comunitats de gran valor. Pel port de la planta (les fulles, d'un centímetre d'amplada, poden arribar al metre de longitud) i la densitat i extensió de les seves praderies, *Posidonia oceanica* destaca entre les més importants, especialment en un context mediterrani, mar del qual és endèmica.

Les praderies de fanerògames marines són molt sensibles a l'acció humana (eutrofització, alteracions en la dinàmica sedimentària, contaminació, danys mecànics, etc.), de manera que hi ha una certa preocupació d'àmbit mundial pel futur dels seus ecosistemes (Waycott *et al.*, 2009) i també una demanda social

cada vegada més urgent de mesures de protecció. En aquest context, l'estudi a fons d'una praderia en una reserva marina proporciona moltes possibilitats per millorar i aprofundir el coneixement de les relacions ecològiques que s'hi estableixen estimulades, promogudes o afavorides per aquesta planta, així com per comprendre'n fenòmens que en poden causar el deteriorament.

## La praderia de *Posidonia oceanica* de les illes Medes: extensió, cartografia i canvis

La praderia de *Posidonia oceanica* de les illes Medes (Figura 1) s'estén segons un eix aproximadament de sud-est a nord-oest per la cara sud-oest de les illes i abasta pràcticament tota la seva longitud (des de l'extrem sud-est de la Meda Xica fins a l'extrem nord-oest de la Meda Gran), a profunditats compreses entre 1 o 2 metres i 20 a 21 metres, encara que la major part se situa entre els 5 i els 15 metres. La planta apareix també en la cara nord de la Meda Gran, tot i que no arriba a formar pròpiament una praderia. El document cartogràfic de Ros *et al.*, (1984) permetia avaluar una superfície (amb dades de finals dels anys setanta) de 6,7 ha (Gili i Ros, 1985). No obstant això, segons la cartografia de Manzanera i Romero (1998) la superfície era, aquell any, de 8,8 ha, la major part de la qual corresponia a una praderia densa i contínua i una mica més d'un 10 % (1 ha aproximadament) a una praderia molt poc densa i discontinua. Ambdues cartografies no són comparables, ja que la més antiga es va dur a terme sobretot mitjançant l'observació directa en immersió i es considera menys precisa que la segona, que va combinar els mètodes acústics (sonar d'escombratge lateral), la fotografia aèria, l'observació i la immersió. Per tant, aquests documents no ens serveixen per identificar possibles canvis, pèrdues o guanys, en l'extensió de la comunitat.



Figura 1. Mapa de l'alguer de les illes Medes, segons Manzanera & Romero (1998). Es pot veure el contorn de la praderia i, també, el transecte permanent on s'han dut a terme les tasques de seguiment i molts dels experiments explicats al llarg d'aquest capítol.

Per contra, la reiteració d'observacions directes ens permet afirmar que entre 1980 i 1982, i 1997 es van perdre superfícies d'alguer que, sense arribar a ser enormes, van suposar un cert retrocés, modest però

significatiu. Aquestes pèrdues es concreten en: a) regressió del límit profund, sobretot en la zona de la Meda Xica, b) l'obertura, el 1990, d'una clariana important aproximadament a l'altura de la Basseta i a uns 10 m de profunditat; c) altres estructures erosives apreciades disperses per l'alguer. Estimem que tot això suposa entre 2.500 i 3.000 m<sup>2</sup>, és a dir, entre un 3 i un 4 % de la superfície original, la qual cosa, sobre el període considerat, representa poc més del 0,2 % per any. Per més que siguin valors molt modestos, convé prestar-hi atenció i intentar anul·lar qualsevol causa de regressió susceptible de ser-ho, ja que si bé el retrocés és lent, la recuperació és pràcticament nul·la. En efecte, durant més de vint anys s'han seguit els límits de la clariana oberta el 1990 (vegeu més amunt i Fotografia 1) sense que, fins al 2008, s'observés cap progressió. Des del 2008 fins a l'actualitat s'ha observat la recuperació de pocs centímetres lineals. D'altra banda, des de 1997 fins avui, tot i no disposar de dades fiables i sistemàtiques, la impressió és que, amb petites pèrdues localitzades, la superfície de l'alguer està pràcticament estable.

## La praderia de *Posidonia oceanica* al llarg del temps: densitat, cobertura, floració. Canvis en la fauna acompanyant

L'any 1982 es va establir de manera permanent un transecte a la part central de la praderia (Figura 1), seguint la línia de màxim pendent entre 5 m de profunditat i el límit profund de distribució de la planta, a uns 14 m, amb una longitud total de 80 m. Al llarg d'aquest transecte es van marcar quatre estacions fixes situades a 5, 6,5, 8,7 i 14 m, que es van mostrejar de forma intermitent fins a l'any 1990 i des de llavors fins a l'actualitat amb freqüència anual, amb l'única excepció de l'any 2010. A cada estació es van prendre, any rere any, mesures senzilles per registrar l'evolució de la praderia al llarg del temps, com ara la densitat (nombre de



Fotografia 1. L'alguer a uns 10 metres de fondària. S'aprecien les fulles bastant llargues per l'absència d'herbivorisme, i algunes clapes de sorra. La foto correspon a la clariana que s'esmenta al text, i es pot observar una barra col·locada al 1991 en el límit per veure'n l'evolució. La fotografia, presa al 2010, mostra que no hi ha hagut progressió de l'herbei en aquest lloc (Fotografia: Javier Romero).



Fotografia 2. Bussejadors portant a terme les tasques de seguiment, concretament avaluant la cobertura de l'herbei mitjançant un quadrat i anotant les dades en una pissarra submarina (Fotografia: Marta Pérez).

feixos o peus de la planta per metre quadrat) i la cobertura (percentatge de substrat recobert per planta viva; Fotografia 2). També es van anotar la presència i l'abundància de flors, així com d'organismes conspicus de la macrofauna, com ara equinoderms (holotúries, garotes) i, algun any, nacres. Aquestes observacions constitueixen probablement la sèrie més llarga que existeix sobre un alguer de *P. oceanica*.

Els valors de cobertura i densitat (Figures 2 i 3) mostren unes fluctuacions notables i estan molt influïts per la profunditat, amb valors més grans com més superficial és la zona considerada. Malgrat les fluctuacions, sembla que la cobertura es manté constant en les dues estacions intermèdies, però mostra una tendència a la baixa en les dues estacions extremes, la més superficial i la més profunda (Figura 2), si bé totes dues difereixen en com s'ha produït la disminució. Així, a l'estació profunda hi va haver una pèrdua important de cobertura entre 1984 i 1987 (d'un 40 % a menys d'un 10 %), que es va anar recuperant parcialment a partir de 1994, amb valors actuals que oscil·len al voltant d'un 20 %. Pel contrari, a l'estació superficial la tendència a la baixa s'estén al llarg de tota la sèrie, amb recuperacions puntuals però que, per als 27 anys considerats globalment, suposen un descens dels valors inicials a gairebé la meitat (del 80 % a entre un 40 i un 50 %). Cal destacar, també, una pèrdua de cobertura generalitzada en totes les profunditats centrada el 2005 i recuperada posteriorment.

La densitat de feixos dins la praderia també varia notablement amb la profunditat (Figura 3; Fotografies 1 i 3). En termes generals, no s'aprecien tendències en la densitat per

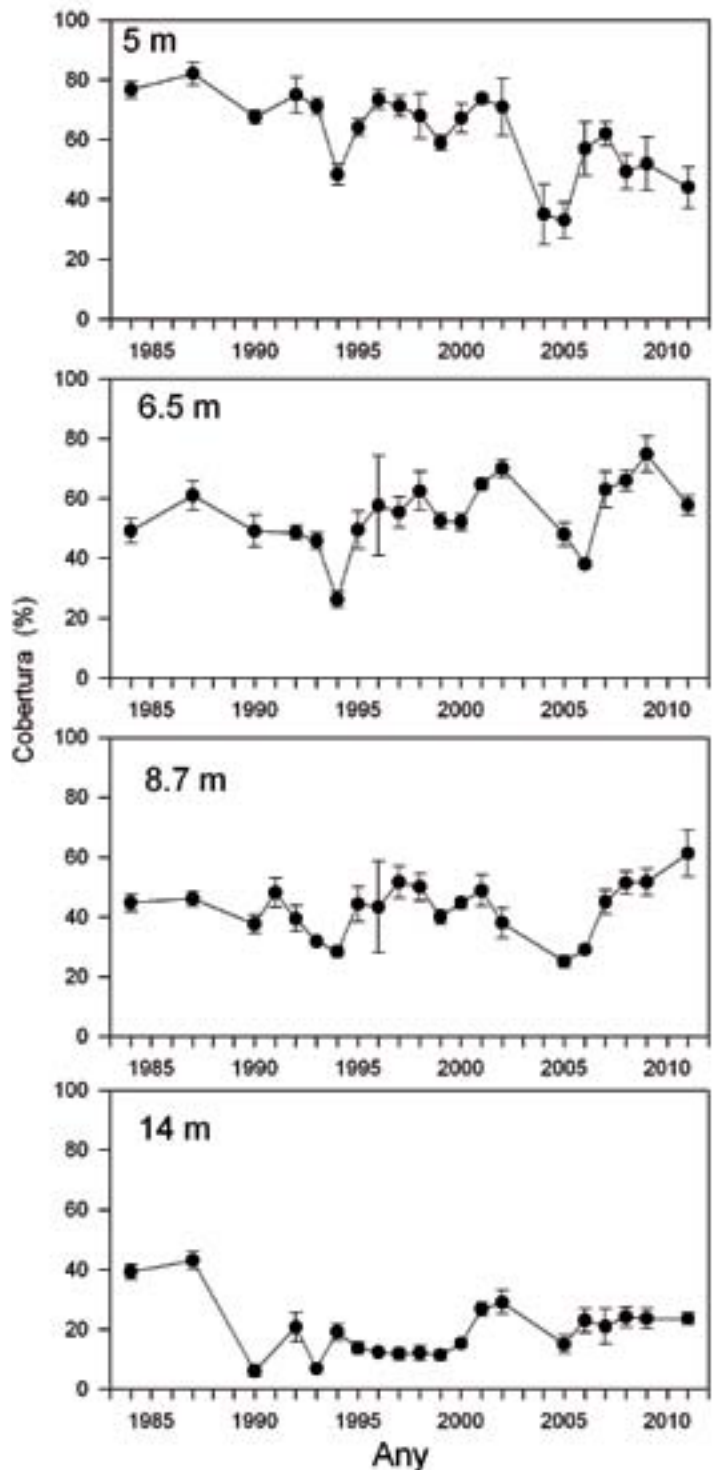


Figura 2. Resultats del seguiment (1984-2011): valors de cobertura de l'alguer. Es mostren els valors de cobertura de l'alguer (percentatge de substrat recobert per posidònia) al llarg del temps i a quatre fondàries diferents. Cada valor apareix acotat pel seu error estàndard.

al conjunt del període. Ara bé, a totes les estacions (excepte, potser, a la de 8,7 m) s'aprecia una disminució d'aquesta variable entre 1984 i 1987, i 1993 i 1994, disminució que assoleix o supera el 50 % (per exemple, a l'estació profunda). En tots els casos sembla que la densitat s'ha recuperat els darrers anys.

Les disminucions de densitat observades a l'inici de la sèrie estan, molt probablement, relacionades amb l'ancoratge d'embarcacions. En efecte, fins a la declaració de la reserva, un bon nombre d'embarcacions fondejaven sobre l'alguer, a recer de la tramuntana, tot provocant l'arrencament de feixos. Un cop declarada la reserva, la prohibició de l'ancoratge va anar acompanyada de la instal·lació de grans morts (blocs de formigó) amb les cadenes corresponents, elements que van continuar provocant danys a les plantes. La millora indubtable experimentada a partir de l'any 1993 coincideix amb el desplegament d'un sistema de boies dites "ecològiques", basat en elements fixats al fons marí per mitjà de cargols. Les nostres dades avalen l'èxit d'aquesta actuació.

Les pèrdues de cobertura són, sens dubte, més difícils d'explicar. Com a hipòtesi, almenys per a l'estació superficial, proposem causes relacionades amb moviments de sorra que enterren les bases de les fulles i que, si les condicions de soterrament persisteixen, comporten la mort dels feixos. Aquesta hipòtesi recolza sobre el fet que precisament a prop de la superfície és on hi ha més moviment de l'onatge, cosa que provoca més desplaçaments de sediments, i que aquests moviments són més grans en la frontera

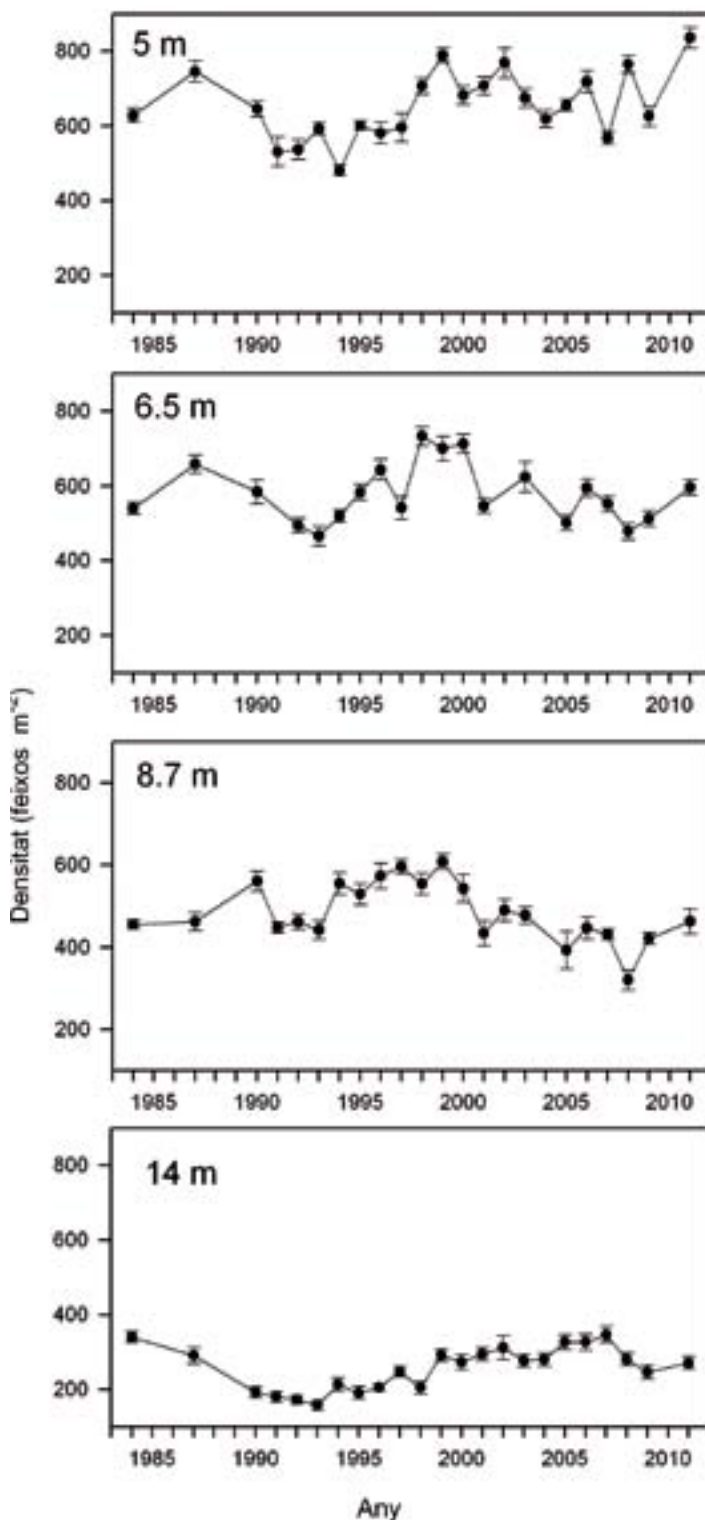


Figura 3. Resultats del seguiment (1984-2011): valors de densitat de l'alguer. Es mostren els valors de densitat de l'alguer (nombre de feixos per metre quadrat) al llarg del temps i a quatre fondàries diferents. Cada valor apareix acotat pel seu error estàndard.



alguer-sorra que en el si de l'alguer. D'altra banda, aquests episodis d'enterrament han estat observats directament a les visites de control. Si aquesta en fos la causa, estariem davant d'un fenomen natural sense possibilitat, ni possiblement necessitat, de gestió, tot i que cal que ens mantinguem atents per si hi concorren altres causes.



Fotografia 3. L'alguer a poca profunditat (5 metres). Es pot apreciar l'elevada densitat de feixos, i els rizomes coberts d'algues (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Tal com s'ha dit en un altre apartat, les fanerògames marines es reproduïxen mitjançant flors. En el cas de *Posidonia oceanica*, la floració –que té lloc a la tardor– i més encara la fructificació –a l'hivern– ocorren molt de tant en tant, almenys en algunes àrees com ara la costa catalana. El seguiment de la praderia durant aquests anys ens ha permès de detectar tres episodis de floració massiva (1983, 1994 i 2003) que van afectar tota la praderia, amb més de cinquanta inflorescències per metre quadrat en les estacions superficials i valors inferiors a més profunditat (taula 1). L'any 1997 també s'hi van detectar flors, encara que només en les estacions superficials i sense arribar a aconseguir la intensitat descrita. A més a més dels anys esmentats, d'altres anys han aparegut flors, tot i que molt disperses. No es coneixen amb precisió les causes que fan que aquesta planta floreïxi, tot i que s'han suggerit com a elements desencadenants l'acumulació de reserves de midó o bé un estiu especialment calorós. Els anys 1994 i 2003 van ser, efectivament, especialment calorosos a les aigües mediterrànies, a diferència de la resta d'anys (dades de J. Pascual i del Servei Meteorològic de Catalunya). En tot cas, durant els anys esmentats es van registrar floracions massives en altres praderies al llarg de la Mediterrània (Díaz-Almela *et al.*, 2006), cosa que suggereix que el desencadenant ha de ser un factor que actuï com a mínim a escala regional.

Any	5 m		6,5 m		8,7 m		14 m	
	D	IF	D	IF	D	IF	D	IF
1983	73 ± 16	12	44 ± 8	8	4	0,9	9 ± 3,5	2,6
1994	73 ± 12	15	36 ± 14	7	47 ± 11	8,5	6 ± 2	2,8
1997	8,8 ± 3,9	1,5	6,3 ± 1,6	1,1	0		0	
2003	50 ± 23	8	15 ± 8,5	2,5	0		1,6 ± 0,8	0,6

Taula 1. Recopilació de dades sobre abundància de flors a la praderia de les illes Medes, als anys i fondàries indicats. D és la densitat (nombre d'inflorescències per metre quadrat) i IF es la intensitat de floració, calculada como el tant per cent de feixos amb flors. De les densitats es dona també l'error estàndard.



Pel que fa a la fauna més conspícua, destaquen sobretot els equinoderms, que, com a herbívors (com ara la garota de roca o comuna *Paracentrotus lividus*) o com a detritívors (la garota de pues blanques, *Sphaerechinus granularis*, i la botifarra de mar, *Holothuria* sp.), duen a terme papers ecològics importants a la praderia. Al llarg de les visites de control es van anar mesurant les densitats d'aquestes tres espècies a les estacions fixes i es va posar de manifest una clara segregació en funció de la profunditat. Així doncs, la garota (*P. lividus*) es troba predominantment a la zona superficial de la praderia (Figura 4), mentre que les holotúries i les garotes de pues blanques són més abundants a la zona profunda. Les holotúries han mantingut una presència fluctuant però constant al llarg dels anys. Ara bé, *Sphaerechinus granularis* ha desaparegut de la zona prospectada i des de 1999 no n'hem tornat a trobar.

Pel que fa a la garota, històricament on més abundava era a la zona superficial, la qual cosa pot ser deguda a diversos motius. D'una banda, a la proximitat de la zona rocosa on hi ha un reclutament elevat d'individus joves que posteriorment migren a les zones properes de la praderia. D'altra banda, a la major densitat de feixos de la praderia superficial, que proporciona un lloc més idoni per refugiar-se dels depredadors. Ara bé, aquesta situació va començar a alterar-se el 1997, amb la desaparició de les garotes a l'estació profunda seguida, els anys 1999 i 2000, per la seva desaparició a la intermèdia-profunda, el 2004 a la intermèdia-superficial i el 2009 a la superficial. Actualment, resulta difícil trobar ericons a l'alguer, excepte a les taques disperses barrejades amb roques de la part

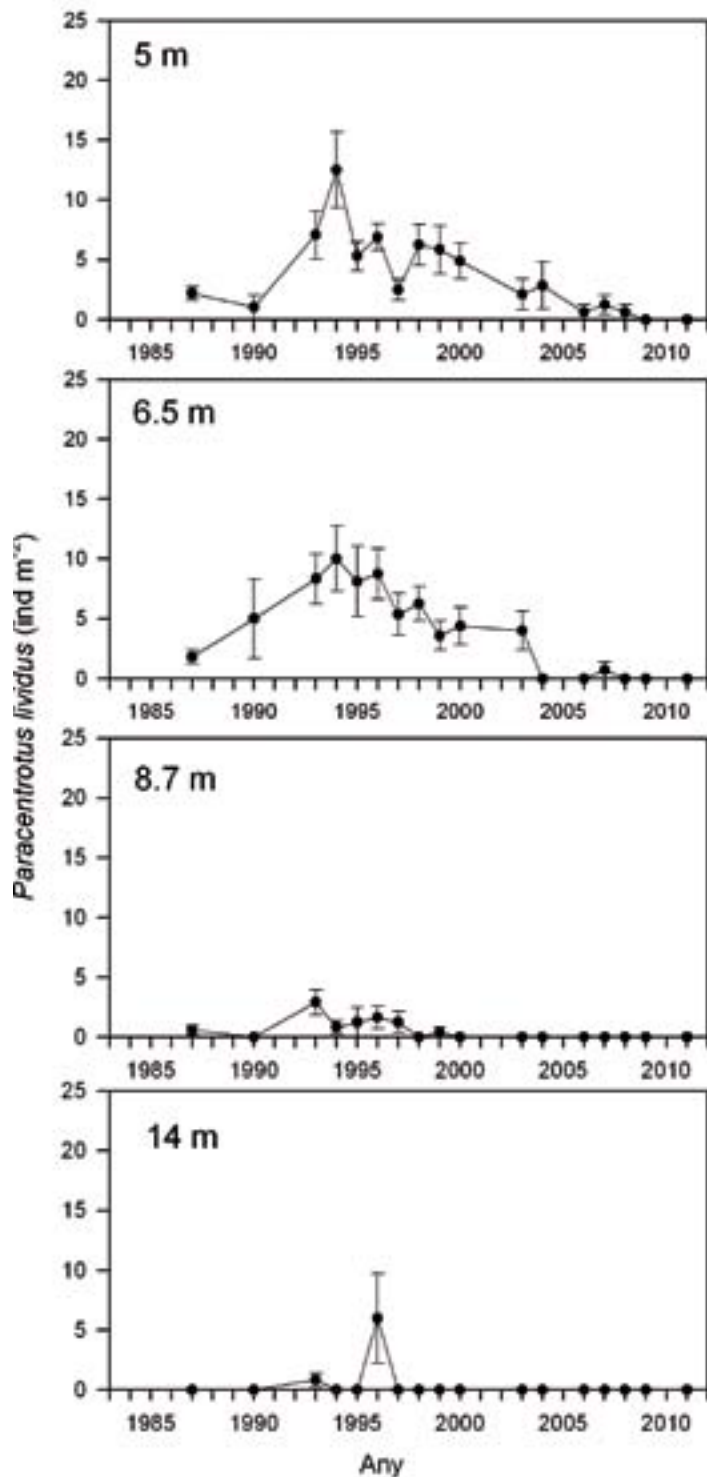


Figura 4. Resultats del seguiment (1984-2011): valors d'abundància de garotes. Es mostren els valors obtinguts per les poblacions de garotes (*Paracentrotus lividus*) de l'alguer (nombre d'individus per metre quadrat) al llarg del temps i a quatre fondàries diferents. Cada valor apareix acotat pel seu error estàndard.

entre el principi del nostre transsecte i l'illa. Relacionem aquesta desaparició, de la qual parlarem més endavant, amb l'increment de depredadors i, alhora, amb l'augment de peixos herbívors.

Un últim canvi digne d'esment és el desenvolupament espectacular de la població de nacres (Fotografia 4) que s'ha produït sobretot a partir de mitjans dels anys noranta (Ramos, 2004). Encara que no hem seguit aquesta població de manera sistemàtica, les nostres notes de camp dels anys vuitanta indiquen una població de nacres amb efectius força minvats a la zona del transsecte, amb un total de dos-tres individus. El 1998, a la mateixa franja (10 m a banda i banda del transsecte permanent), vam censar 12 nacres, i el 2004, vam trobar 22 individus en la mateixa superfície (O. Mascaró i dades pròpies inèdites). Les mesures biomètriques dutes a terme ens indiquen que es troben individus entre els 15 i els 45 cm d'alçada de closca sobre el sediment, amb una major freqüència d'individus entre 20 i 30 cm (Figura 5). Les causes d'aquest augment tant en el nombre com en la mida dels exemplars trobats rau en la combinació de circumstàncies d'àmbit regional (per exemple, l'augment del reclutament) amb d'altres pròpies de les illes Medes, com, molt especialment, la prohibició de l'ancoratge abans mencionada. En efecte, en altres àrees s'ha detectat també un retorn d'aquests grans bivalves (per exemple, a la península del Galatxo, a la badia dels Alfacs, segons observacions pròpies, o en altres cales de la Costa Brava), tot i que sense arribar a l'abundància que presenten a l'alguer de les illes Medes.



Fotografia 4. La nacra (*Pinna nobilis*) és el bivalve de mida més gran de la Mediterrània (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

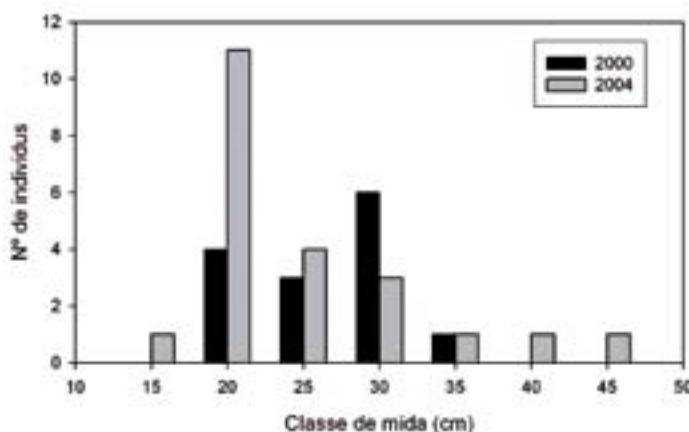


Figura 5. Abundància de nacres als anys 2000 i 2004. Es mostra la distribució de mida dels individus (longitud de closca per sobre del sediment, en classes de 5 en 5 cm) de tots els individus trobats al llarg del transsecte permanent, entre 5 i 14 m de fondària, d'uns 80 m de llargària. Es van censar els individus presents en una franja d'uns 20 m d'amplada.

## Què hem après sobre l'alguer de les illes Medes

A més del seguiment, resumit en l'apartat anterior, a l'alguer de les illes Medes s'ha dut a terme un bon nombre de treballs, els resultats dels quals han fet millorar considerablement el coneixement sobre aquest ecosistema i han modificat la idea que se'n tenia. La primera tesi sobre el tema (Romero, 1985) va permetre de quantificar detalladament l'elevada producció de carboni de la planta, el seu cicle de creixement

i renovació de fulles i també l'acumulació de biomassa als rizomes. Aquests primers resultats, avui una mica obsolets, van obrir, però, força interrogants.

El primer va ser sobre els factors limitadors i els controls ambientals d'aquesta producció, que es va intentar resoldre mitjançant l'estudi simultani d'una sèrie d'estacions a la costa catalana (dues de les quals estaven situades a les illes Medes). D'aquesta manera es va identificar un factor limitador clau, els nutrients (Alcoverro *et al.*, 1997), a la vegada que es plantejava una nova pregunta. En efecte, la pobresa de nutrients a les aigües mediterrànies és especialment acusada a l'estiu, però també és en aquesta estació quan hi ha més llum, de manera que llavors és quan la fotosíntesi tendeix a ser màxima. D'altra banda, a l'hivern hi ha més nutrients però la llum és poca i la fotosíntesi, mínima. De quina manera, doncs, es poden obtenir unes taxes de producció tan altes en condicions teòricament tan adverses? Els nous experiments que es van fer a l'alguer van permetre descobrir que *Posidonia oceanica* tenia un sistema eficient de reciclatge intern de nutrients, una gran part dels quals eren recuperats de les fulles velles abans que caiguessin. I no només això, sinó que en els moments en què a l'aigua les concentracions de nutrients eren més elevades (tardor-hivern), la planta els absorbia per sobre de les seves necessitats i els emmagatzemava, per a èpoques de penúria, en els rizomes (Alcoverro *et al.*, 2000; Invers *et al.*, 2002). D'altra banda, gràcies a mesures detallades de les taxes de fotosíntesi (Alcoverro *et al.*, 1998), combinades amb dades de creixement i de transparència de l'aigua, amablement proporcionades per les utilíssimes observacions de Josep Pascual, es va abordar la quantificació del balanç anual de carboni (guanys, per fotosíntesi, menys pèrdues per respiració o altres processos). D'aquesta manera es va descobrir el paper que sobre aquest balanç té l'emmagatzematge i la posterior reutilització del midó dels rizomes. En efecte, les altes taxes de fotosíntesi durant l'estiu no repercutien en el creixement de les fulles per la manca de nutrients, sinó que induïen la síntesi de midó que quedava acumulat uns mesos, fins que tornava a ser mobilitzat per formar noves fulles a la tardor, quan la disponibilitat de nutrients ho permetia (Alcoverro *et al.*, 2001; Invers *et al.*, 2004). Finalment, vam intentar veure com interactuaven el metabolisme del nitrogen i el del carboni, arribant a la conclusió que funcionaven acoblats: com més disponibilitat de nitrogen, menor emmagatzematge de midó a l'estiu i, en conseqüència, possibles problemes en arribar a l'estació lumínicament desfavorable (Invers *et al.*, 2004).

El següent interrogant va ser sobre el destí de tota la matèria orgànica produïda per la praderia. A principi dels anys noranta, la idea imperant era que la major part es desprenia en forma de fullaraca o altres restes. Així doncs, el primer interès en aquesta línia va ser avaluar quina fracció d'aquest material era exportat i quina fracció descompost *in situ*. Aquestes preguntes, aparentment senzilles, van implicar un considerable volum de mostreig que es va estendre a diversos alguers de la Mediterrània, però en què l'esforç més gran es va consagrar a l'alguer de les illes Medes. Les dades obtingudes (Mateo & Romero, 1996, 1997) ens van portar a la conclusió que, de la producció de la planta no consumida per herbívors, un 15 % era arrossegat per l'aigua, un 20 % respirat per bacteris i altres organismes en les acumulacions de fullaraca i el 40 % es convertia en detritus molt fins que s'incorporaven a poc a poc al sediment o bé quedaven flotant a la columna d'aigua. A més, el 25 % restant quedava en forma de rizomes enterrats en el sediment. Aquesta quantificació, vàlida per a la zona superficial de les illes Medes i amb variants en altres llocs, va ser una aportació original i pionera en el seu moment, i un dels seus aspectes més destacats va ser precisament la identificació de la gran acumulació *in situ* de carboni sense descompondre.

Això va obrir una nova línia d'investigació que va evidenciar l'existència de potències considerables de restes orgàniques enterrades, algunes de notable antiguitat. Precisament les restes més antigues trobades, d'uns 3.600 anys (datació amb carboni radioactiu), corresponen a l'alguer de les illes Medes (Mateo *et al.*, 1997). Aquests resultats van obrir la porta, d'una banda, a considerar el potencial com a registre paleoecològic de les acumulacions de *P. oceanica* i, d'altra banda, a entendre l'enorme importància de l'embornal de carboni que suposen aquestes praderies i el seu possible paper com a mitgadores del canvi global causat per l'increment del CO<sub>2</sub> en l'atmosfera.

Ara bé, el fet de restringir els fluxos de carboni a processos de despreniment i descomposició no semblava totalment satisfactori. Calia abordar el paper dels herbívors, tot i que el paradigma imperant era considerar-los d'importància marginal. Els nostres primers treballs sobre això, un cop més a l'alguer de les illes Medes, es van orientar cap a les garotes (Tomàs *et al.*, 2005a; 2005c) i van detectar l'existència d'un consum de fulles significatiu però, sobretot, van descobrir una important i imprevista vinculació tròfica entre les garotes i els epífits (vegeu Fotografia 5) que viuen sobre les fulles (Tomàs *et al.*, 2006). Aviat es va veure, però, que el major herbivorisme corresponia a peixos, concretament les salpes o saupes, *Sarpa salpa*. L'abundància d'aquesta espècie, a causa de l'efecte reserva (Fotografia 6), feia més evident la seva activitat, especialment a les zones superficials de la praderia. Les mesures fetes van indicar que les seves taxes de consum eren elevades; fins i tot va resultar que en algun moment de l'any el que menjaven les salpes podia arribar a ser molt superior al creixement de les fulles. Les conseqüències es podien apreciar a simple vista, en forma de curiosos rodals de fulles molt curtes, com si hi hagués passat una segadora de gespa (Tomàs *et al.*, 2005b), tan curtes que fins i tot la vitalitat dels feixos quedava afectada. A partir d'aquí es va emprendre un estudi extensiu amb estacions per tota la costa catalana



Fotografia 5. Les fulles de la posidònia, de color verd intens, apareixen de vegades recobertes de petits organismes (sobretot algues, però també briozous, hidrozous i d'altres) molt variats i que representen un important recurs tròfic per als herbívors (Fotografia: Javier Romero).



Fotografia 6. La salpa (*Sarpa salpa*) és un peix de la família dels espàrids molt abundant a les illes Medes, i en particular a l'herbei de *P. oceanica*. És un herbívor molt actiu que brosteja les fulles de la posidònia, en modifica l'alçada de la volta foliar i influeix en les interaccions ecològiques (Fotografia: Javier Romero).



(una d'elles, per descomptat, a les illes Medes), els resultats del qual van demostrar que prop del 50 % de la producció de fulles de les praderies era ingerida per herbívors, garotes i, sobre tot, peixos, no només en àrees protegides, sinó a tota la costa. L'article que s'en derivà (Prado *et al.*, 2007) va despertar interès en la comunitat científica, ja que suposava un canvi de paradigma que obria les portes a considerar els herbívors com una força ecològica i evolutiva de primer ordre, la investigació de la qual ha anat donant fruits els últims anys, tant en el nostre equip com en els d'altres investigadors. Com a propis i vinculats a les illes Medes, esmentarem resultats que expliquen l'impacte divers dels herbívors en funció de la mida de l'hàbitat en què s'alimenten (Prado *et al.*, 2008), l'existència de mecanismes de defensa contra els herbívors en les plantes (Vergés *et al.*, 2007; 2008) o l'anàlisi de les pautes de moviment de les salpes entre diversos hàbitats (Pagès *et al.*, enviat), entre molts d'altres.

D'una manera molt especial dos d'ells ens han ajudat a entendre alguns fenòmens que havíem percebut durant el seguiment, i que hem esmentat en l'apartat anterior, però dels quals no havíem arribat a trobar l'explicació: l'heterogènia distribució batimètrica de les garotes, amb més abundància a prop de la superfície, i la minva progressiva de les seves poblacions a la praderia, fins gairebé la seva desaparició actual. Creiem que el motiu de totes dues coses té a veure amb la depredació dels eriçons per peixos carnívors –julioles (*Coris julis*) i altres làbrids en el cas dels eriçons petits, i sargs, orades i similars per als eriçons adults. Aquesta pressió de depredació, molt intensa a les illes Medes pel gran desenvolupament de les poblacions de peixos, exigeix que els eriçons disposin de refugis que els ofereixin una protecció adequada, com va demostrar un experiment de camp que va revelar que, sense aquests refugis, els exemplars, sobretot els més petits, a penes podien sobreviure unes hores (Farina *et al.*, 2009). Aquests petits individus (d'entre 0,5 i 3 cm) necessiten esquerdes i racons on amagar-se, esquerdes que gairebé no existeixen a l'alguer de les illes Medes. La conclusió es que no hi pot haver reclutament a la praderia (com ja es va veure a Tomàs *et al.*, 2004), i les poblacions adultes només es mantenen gràcies a la migració d'individus des de la roca, on les esquerdes, i en general el microrelleu, sí que permeten la supervivència dels reclutes (Prado *et al.*, 2009). La distribució preferentment superficial dels eriçons no és, doncs, només un problema de profunditat, sinó de proximitat a la roca. Efectivament, la part superficial de l'alguer està en contacte amb la base rocosa de les illes, i és precisament aquesta proximitat més gran la que genera més abundància d'erriçons. Segons els nostres resultats, també és possible que la depredació expliqui la desaparició progressiva dels adults. En el cas dels adults (amb closques d'entre 3 i 7 cm de diàmetre), el refugi és també necessari, però com que només són vulnerables a l'atac de peixos grans, segons sembla la protecció visual, que els fa passar desapercibuts, és suficient. I aquesta protecció visual l'ofereix la volta foliar. A les zones superficials, la intensa activitat de brosteig de les salpes, tal com s'ha descrit més amunt, ha anat reduint la longitud de les fulles de manera molt notable i això ha fet disminuir l'efecte de camuflatge que proporcionaven. En uns experiments duts a terme l'estiu de 2010 es va poder comprovar que, com més curtes fossin les fulles, més gran seria la probabilitat que els eriçons fossin devorats (Pagès *et al.*, 2012). La idea que suggereixen aquests resultats és que la gran abundància de peixos a la reserva ha alterat les regles de joc per a les garotes per culpa d'una interacció entre tres elements. D'una banda, les fulles de la planta, que subministren protecció als adults. D'altra banda, els peixos herbívors, que amb el brosteig disminueixen la longitud de les fulles i en debiliten la protecció. I, finalment, els peixos carnívors, que actuen sobre els eriçons desprotegits i delmen les seves poblacions.

Aquesta interacció entre tres elements (carnívor, herbívor i planta), en què l'important de la planta no és la seva aportació d'aliment sinó la seva funció estructural (protectora), és molt interessant des d'un punt de vista ecològic. D'altra banda, planteja qüestions rellevants des d'un punt de vista més general: com seria una praderia prístina, original? Les mesures de protecció a les illes han revertit alguns dels efectes humans negatius més evidents, com per exemple els associats a la sobrepesca, i han permès que s'hi desenvolupin poblacions de peixos espectaculars, fet que ha acabat creant una praderia de fulles molt curtes, almenys en la part superficial, i gairebé sense garotes. Era aquesta la naturalesa de totes les praderies mediterrànies abans de la intervenció de l'home? Potser sí, potser no. D'una banda, els condicionants locals de les illes Medes poden ser diferents dels d'altres zones del litoral: caldria, doncs, que estudiéssim més reserves abans de pronunciar-nos sobre aquesta qüestió. D'altra banda, pot ser que les illes Medes tinguin poblacions de peixos molt per sobre del que podria ser una hipotètica situació prehumana, perquè si bé la declaració de la reserva va permetre la recuperació de nombroses poblacions d'herbívor i carnívor, una baula important, els supercarnívors (dofins, taurons, etc.) segueixen absents i només podrien recuperar-se amb la protecció de zones molt més extenses; en l'estat actual del coneixement no podem excloure que sigui la seva absència la que permeti un desenvolupament anormal de les poblacions de peixos abans esmentades.

Finalment, un últim tipus de preguntes que ha ajudat a respondre el treball a l'alguer de les illes Medes són les relacionades amb l'efecte negatiu de les accions humanes, especialment: l'enterrament per moviment de sorres (com el que pot resultar d'obres a la costa, construcció d'espigons o regeneració de platges) i l'entrada en excés de matèria orgànica al sediment (com la que pot resultar d'una granja d'engreix de peixos o simplement de l'eutrofització). Diversos experiments que s'hi van fer van contribuir a determinar que ambdues alteracions tenien efectes letals. En el cas de la sedimentació, enterraments en aparença modestos (uns 12 cm de sorra, tenint en compte longituds de fulla d'entre 40 i 50 cm) podien causar una mortalitat del 100 % (Manzanera *et al.*, 2011). El motiu és que el meristema de les fulles (part per on creix la fulla, particularment sensible) es troba a la base, i quan aquest meristema s'enterra, determinades substàncies del sediment (per exemple, el sulfur o l'amoní) poden resultar tòxiques i matar les fulles. En aquesta línia, cal dir que els moviments de sorra durant els temporals d'hivern poden arribar a provocar enterraments que superin el llindar esmentat, i això ha conduït a mortalitats locals. Molt especialment, el temporal extrem de Sant Esteve de 2008 (amb onades d'una altura significativa de gairebé 8 m) va provocar enterraments de més de 10 cm que van afectar el 20 % de la praderia superficial amb mortalitats associades encara per determinar.

D'altra banda, si arriba una gran quantitat de matèria orgànica al sediment, la seva descomposició genera una gran demanda d'oxigen i el sediment tendeix a l'anòxia. Aquesta anòxia pot matar les arrels, directament o per increment de la concentració de sulfurs, producte de la descomposició anaeròbia de la matèria orgànica (Pérez *et al.*, 2007). Per descomptat, aquests grans impactes estan exclosos de l'alguer de les illes Medes, tot i que el que n'hem après ha estat útil en altres llocs i és una eina per a gestors ambientals.

Totes aquestes investigacions han trobat, recentment, una aplicabilitat interessant en forma de desenvolupament d'un índex biòtic de qualitat ambiental (Romero *et al.*, 2007). Aquest índex va sorgir com a resposta a la necessitat de l'Agència Catalana de l'Aigua de conèixer la qualitat de les masses



d'aigua costaneres per millorar-ne la gestió i també per complir els objectius de la directiva marc de l'Aigua. Aquest índex s'ha incorporat a les xarxes de control que coordina l'ACA de manera rutinària a tota la costa catalana i també s'ha utilitzat en altres àmbits geogràfics (Mascaró *et al.*, 2012). A més, l'alguer de les illes Medes forma part de les xarxes de control, amb la qual cosa el seguiment que se'n fa està reforçat amb indicadors més potents, robustos i validats (Martínez-Crego *et al.*, 2008). S'ha de destacar que els resultats d'aquests indicadors obtinguts entre 2005 i 2010 situen l'alguer de les illes Medes entre els que gaudeixen de millor salut a tot Catalunya. En conjunt, el que hem explicat fins ara constitueix un exemple excel·lent de les sinergies que es poden obtenir entre la recerca bàsica, l'aplicada i la gestió.

## Altres espècies

A la badia de Pals, en una zona propera a les illes Medes –i parcialment inclosa sota la protecció del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el Baix Ter que s'ha creat no fa gaire–, es troba ben representada una altra espècie de fanerògama marina comuna a la Mediterrània: *Cymodocea nodosa* (Fotografia 7). Les praderies que forma les han cartografiat recentment Hereu i col·laboradors (capítol 2 d'aquest llibre) i s'estenen al llarg d'uns 5 km des del final de la costa del Montgrí fins passada la desembocadura del Ter, entre els 10 i els 16 m de profunditat. La superfície sobre la que s'estenen abasta aproximadament unes 150 ha, tot i que les praderies pròpiament dites apareixen en forma de taques bastant disperses.



Fotografia 7. Alguer de *Cymodocea nodosa* a la badia de Pals (Fotografia: Neus Sanmartí).

Les dades preses l'estiu del 2011 (Romero *et al.*, 2012) indiquen que es tracta de formacions amb una cobertura i densitat relativament baixes (30 % i 900 feixos m<sup>-2</sup> de mitjana), la qual cosa és normal per a la profunditat a què es troben. L'estat ecològic és bo, tot i que a les estacions més properes al Ter s'aprecien continguts de nutrients (N i P) en els teixits de les plantes i càrrega d'epífits relativament elevats, cosa que evidencia determinats efectes de l'aigua continental, efectes que no arriben a afectar la vitalitat de les plantes. Seria recomanable fer-ne un seguiment en els propers anys per poder-ne conèixer l'evolució a llarg termini.

## Conclusions

Les conclusions que es poden extreure d'aquests més de trenta anys de treball i que podrien ser útils per a la gestió del medi natural marí són nombroses i comprenen tant l'àmbit local com el general. La frontera entre tots dos extrems, però, és bastant tènue. De totes les conclusions, en destacarem cinc.

En primer lloc, cal recalcar una vegada més l'enorme interès de disposar d'una informació objectiva sobre l'estat del sistema i la seva evolució al llarg de períodes de temps tan llargs com sigui possible. En el nostre cas, aquest aspecte el cobreixen la sèrie de dades que hem presentat i, més recentment, les xarxes de seguiment de l'ACA. La primera d'aquestes xarxes ja fa molts anys que es manté de manera totalment voluntarista, i la segona, en un context de crisi, sembla que està seriosament amenaçada, la qual cosa és preocupant perquè la diagnosi dels sistemes que s'han de protegir és un element clau per a una presa de decisions eficient i realista.

En segon lloc, i enllaçant amb el punt anterior, cal recordar que aquestes sèries de dades són també útils com a parts de programes de seguiment més amplis, imprescindibles per a altres actuacions de millora ambiental a una escala més gran, com per exemple programes de sanejament. Referent a això, el fet de disposar d'informació sobre un sistema poc impactat, dins d'una reserva, resulta enormement valuós com a referència.

En tercer lloc, entenem que, pel que fa a les praderies, les mesures de protecció actuals són adequades, i en particular la gestió de l'ancoratge ha estat un èxit rotund. L'acumulació d'embarcacions a l'estiu i també altres activitats de baix impacte, com per exemple l'observació submarina (*sea watching*), semblen ben tolerades per la praderia, encara que de vegades es deixen notar en aspectes com ara la presència conspícua de brossa i restes diverses al fons. Les campanyes de conscienciació i les actuacions de neteja poden ser suficients per mitigar aquests efectes, però en tot cas cal respectar les parcel·les experimentals que puguin tenir diversos equips de recerca.

El descobriment dels impactes que causen els peixos herbívors sobre la praderia és un fet que mereix reflexionar-hi i ens porta a dues últimes conclusions. D'una banda, sembla que aquest efecte depèn en gran manera de les superfícies dels diferents hàbitats dins la zona protegida i de la seva disposició en l'espai. La quarta conclusió és, doncs, que en el disseny de noves reserves –o per entendre la di-

nàmica de les que ja existeixen– s’han de tenir en compte aquests aspectes d’ecologia del paisatge, entre altres coses, per no superar la capacitat de càrrega dels alguers.

D’altra banda, la idea que s’ha exposat que potser l’acció combinada de peixos herbívors i depredadors és la responsable de la desaparició de les garotes de l’alguer fa pensar, encara que sigui de manera especulativa, que les poblacions de peixos (salpes) no tenen controls naturals per depredació. Encara que no en tenim proves científiques, podríem suposar que aquesta absència de control es deu a la manca generalitzada d’una baula en la major part de la Mediterrània: la dels grans depredadors. A partir d’aquí podríem proposar una cinquena i última conclusió, i és que, si volem un retorn a unes condicions més semblants a les originals per a la Mediterrània en general (i per a les illes Medes en particular), cal replantejar-se les mesures de protecció a una escala més gran, és a dir, cal passar d’una estratègia de protecció d’uns punts concrets a una estratègia de protecció basada en xarxes de reserves recolzada en una protecció igualment eficaç d’aigües obertes i grans fons, a més d’una gestió generalitzada també sobre les zones que no són reserves.

Aquest pot ser l’ensenyament més important que s’ha obtingut a partir d’aquests trenta anys i el repte per als propers trenta.

## Agraïments

A més dels autors citats, un bon nombre d’investigadors i estudiants han ajudat a obtenir les dades que apareixen a aquest capítol, especialment les de les sèries llargues. Davant la impossibilitat d’esmentar-los a tots, els hi agraïm col·lectivament la seva contribució, la seva paciència i les llargues hores passades a sota de l’aigua.

## Bibliografia

Alcoverro T, Romero J, Duarte C, López NI (1997) Spatial and temporal variations in nutrient limitation of seagrass *Posidonia oceanica* growth in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 146: 155-161.

Alcoverro T, Manzanera T, Romero J (1998) Seasonal and age-dependent variability of *Posidonia oceanica* (L.) Delile photosynthetic parameters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 230: 1-13.

Alcoverro T, Manzanera M, Romero J (2000) Nutrient mass balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of nutrient retranslocation. *Marine Ecology Progress Series* 194: 13-21.

Alcoverro T, Manzanera M, Romero J (2001) Annual metabolic carbon balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of carbohydrate reserves. *Marine Ecology Progress Series* 211: 105-116.

Ballesteros E, García T, Lobo A, Romero J (1984) L'alguer de *Posidonia oceanica* de les illes Medes, dins de: Ros JD, Olivella I, Gili JM (eds.) Els sistemes naturals de les Illes Medes; Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, LXXIII. Barcelona. pp. 739-759.

Díaz-Almela E, Marbà N, Álvarez E, Balestri E, Ruiz-Fernández JM, *et al.*, (2006) Patterns of seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering in the Western Mediterranean. *Marine Biology* 148: 723-742.

Farina S, Tomàs F, Prado P, Romero J, Alcoverro T (2009) Seagrass meadow structure alters interactions between the sea urchin *Paracentrotus lividus* and its predators. *Marine Ecology Progress Series* 377: 131-137.

Gili JM, Ros J (1985) Study and cartography of the benthic communities of Medes Islands (NE Spain). *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica Di Napoli* I 6: 219-238.

De Haro A (1965) Picnogónidos posidonícolas de las islas Medas (Gerona). *Publicaciones del Instituto de Biología Aplicada* 43: 103-123.

Invers O, Pérez M, Romero J (2002) Seasonal nitrogen speciation in the temperate seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 273:219-240.

Invers O, Kraemer GP, Pérez M, Romero J (2004) Effects of nitrogen addition on nitrogen metabolism and carbon reserves in the temperate seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 303: 97-114.

Manzanera M, Romero J (1998) Cartografia de la praderia de *Posidonia oceanica* de les illes Medes. Seguiment temporal de la reserva marina de les illes Medes, Direcció General de Medi Natural.

- Manzanera, M., Alcoverro, Tomàs F, Romero J (2011) Response of *Posidonia oceanica* to burial dynamics Marine Ecology Progress Series 423: 47-56.
- Martínez-Crego B, Vergés A, Alcoverro T, Romero J (2008) Selection of multiple seagrass indicators for environmental biomonitoring. Marine Ecology Progress Series 361: 93-109.
- Mascaró O, Bennett S, Marbà N, Nikolic V, Romero J, Duarte CM, Alcoverro T (2012) Uncertainty analysis along the ecological quality status of water bodies: the response of the *Posidonia oceanica* multivariate index (POMI) in three Mediterranean regions. Marine Pollution Bulletin 64: 926-931.
- Mateo MA, Romero J (1996) Evaluating seagrass leaf litter decomposition: An experimental comparison between litter-bag and oxygen-uptake methods. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 202: 97-106.
- Mateo MA, Romero J (1997) Detritus dynamics in the seagrass *Posidonia oceanica*: Elements for an ecosystem carbon and nutrient budget. Marine Ecology Progress Series 151: 43-53.
- Mateo MA, Romero J, Pérez M, Littler MM, Littler DS (1997) Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. Estuarine Coastal and Shelf Science 44: 103-110.
- Pagès J, Bartomeus F, Hereu B, Romero J, Alcoverro T (enviat) Herbivore fish movements link seascape mosaics. Marine Ecology Progress Series.
- Pagès J, Farina S, Gera A, Arthur R, Romero J, Alcoverro T (2012) Indirect interactions in seagrasses: fish herbivores increase predation risk to sea urchins by modifying plant traits. Functional Ecology 26: 1015-1023.
- Pérez M, Invers O, Ruiz JM, Frederiksen MS, Holmer M (2007) Physiological responses of the seagrass *Posidonia oceanica* to elevated organic matter content in sediments: An experimental assessment. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 344: 149-160.
- Prado P, Tomàs F, Alcoverro T, Romero J (2007) Extensive direct measurements of *Posidonia oceanica* defoliation confirm the importance of herbivory in temperate seagrass meadows. Marine Ecology Progress Series 340: 63-71.
- Prado P, Farina S, Tomàs F, Romero J, Alcoverro T (2008) Marine protection and meadow size alter fish herbivory in seagrass ecosystems. Marine Ecology Progress Series 371: 11-21.
- Prado P, Romero J, Alcoverro T (2009) Welcome mats? The role of seagrass meadow structure in controlling post-settlement survival in a keystone sea-urchin species. Estuarine Coastal and Shelf Science 85: 472-478.

- Ramos G. (2004) Estudio preliminar del crecimiento de *Pinna nobilis* (Molusca, Bivalvia) en las islas Medes. Trabajo de investigación. Doctorado de Ciencias del Mar. Universidad de Barcelona.
- Romero J (1984) Vegetació submarina de les illes Medes II. Espermatòfits, dins de: Ros JD, Olivella I, Gili JM (eds.) Els sistemes naturals de les illes Medes. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, LXXIII. Barcelona. pp. 373-382.
- Romero J (1985) Estudio ecológico de las fanerógamas marinas de la costa catalana: producción primaria de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en las Islas Medes. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.
- Romero J (2004) Posidònia: els prats del fons del mar. La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani. Col.lecció Norai, 9. Ajuntament de Badalona. Badalona, 159 pp.
- Romero J, Martínez-Crego B, Alcoverro T, Pérez M (2007) A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin* 55: 196-204.
- Romero J, Pérez M, Llagostera I, Sanmartí N, Dalmau A (2012) Estat ecològic de les praderies de *Cymodocea nodosa* a la badia de Pals. Informe Tècnic. Diputació de Girona.
- Ros JD (1982) L'estudi del bentos marí a Catalunya: reflexions en complir-se els deu anys del "Programa Bentos". *Ciència*, 21: 20-27.
- Ros JD, Olivella I, Gili JM (1984) Els sistemes naturals de les illes Medes. Institut d'Estudis Catalans, Arxius de la Secció de Ciències, LXXIII. Barcelona. 828 pp.
- Tomàs F, Romero J, Turon X (2004) Settlement and recruitment of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 282: 173-184.
- Tomàs F, Romero J, Turon X (2005a) Experimental evidence that intra-specific competition in seagrass meadows reduces reproductive potential in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck). *Scientia Marina* 69: 475-484.
- Tomàs F, Turon X, Romero J (2005b) Seasonal and small-scale spatial variability of herbivory pressure on the temperate seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series* 301: 95-107.
- Tomàs F, Turon X, Romero J (2005c) Effects of herbivores on a *Posidonia oceanica* seagrass meadow: importance of epiphytes. *Marine Ecology Progress Series* 287: 115-125.
- Tomàs F, Álvarez-Cascos D, Turon X, Romero J (2006) Differential element assimilation by sea urchins in seagrass beds: implications for trophic interactions. *Marine Ecology Progress Series* 306: 125-131.



Vergés A, Becerro MA, Alcoverro T, Romero J (2007) Variation in multiple traits of vegetative and reproductive seagrass tissues influences plant-herbivore interactions. *Oecologia* 151: 675-686.

Vergés A, Pérez M, Alcoverro T, Romero J (2008) Compensation and resistance to herbivory in seagrasses: induced responses to simulated consumption by fish. *Oecologia* 155: 751-760.

Waycott M, Duarte CM, Carruthers TJB, Orth RJ, Dennison WC, *et al.*, (2009) Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 12377-12381.

# L'estatge infralitoral de la costa del Montgrí i les illes Medes: comunitats algals i poblacions de garotes

Bernat Hereu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona



## Introducció

Les algues són els organismes que dominen la majoria de paisatges submarins bentònics. De fet, les algues són presents a totes les comunitats bentòniques del nostre litoral, des de la superfície del mar fins a fondàries que poden superar els 100 metres. Tot i que agrupem les algues en un gran grup genèric, es tracta en realitat d'un conjunt molt heterogeni, amb una gran quantitat d'espècies que tenen característiques molt diferents entre elles, amb requeriments fisiològics i resposta a les condicions ambientals també diferents i que condicionen la seva distribució. Així, cada espècie s'ha adaptat a viure en un ambient amb unes condicions determinades d'il·luminació, hidrodinamisme i disponibilitat de nutrients, tipus de substrat o temperatura (Ollivier, 1929; Feldmann, 1937; Péres i Picard, 1964; Riedl, 1966; Ros *et al.*, 1985). Com a resultat d'aquesta sèrie de factors ambientals, que segueixen essencialment un gradient batimètric, podem observar una marcada zonació, de forma que cada espècie o comunitat només és present en un rang de profunditats determinat. D'aquesta forma, en el litoral marí trobem un paisatge organitzat en bandes horitzontals; aquestes bandes poden assimilar-se a diferents tipus de comunitats.

Pel fet que les condicions ambientals són força diferents en funció de la batimetria i d'altres factors, les característiques d'aquestes comunitats també ho són. Així, les espècies i comunitats més superficials, que són sotmeses a una elevada irradiació, alt hidrodinamisme i aportació important de nutrients, són més productives i tenen cicles estacionals molt marcats; en contrast, les comunitats de fondària tenen una dinàmica i un creixement més lent a causa de les restriccions de llum i de l'aportació de nutrients (Johnson, 1969; Ballesteros, 1984).

Tots aquests factors interactuen i determinen una gran diversitat de condicions ambientals que es tradueixen en una gran diversitat d'espècies adaptades a viure en cadascuna d'aquestes condicions. Aquest fet és especialment evident a la Mediterrània, on s'han identificat més de 800 espècies, més de 500 de les quals són citades a les costes catalanes (Ballesteros, 1984), i 300 a la costa del Montgrí i les illes Medes (Ballesteros *et al.*, 1984; Hereu i Linares, 2003; Hereu *et al.*, 2010).

Atès l'important paper ecològic que tenen, les algues són un component fonamental dels ecosistemes bentònics marins. Són els principals productors primaris que aporten matèria orgànica a la xarxa tròfica: d'una banda, a través dels herbívors, com les salpes o les garotes (Kempf, 1962; Verlaque, 1987; Sala, 1996), i de l'altra, sobretot a través dels detritívors, que descomponen i processen les frondes despreses al final de l'època de producció (Odum i De la Cruz, 1963).

A més de la seva funció com a productors primaris, les algues tenen un important paper estructural. A causa de la gran diversitat de formes i mides de les diferents espècies, les comunitats algals s'organitzen en diferents estrats de vegetació: un estrat incrustant format per algues calcàries incrustants; un o diversos estrats arbustius; un estrat erecte dominat per macroalgues amb un port erecte, i un estrat epifític format per espècies epifítiques que viuen sobre les altres algues. Segons el seu grau de complexitat, cada comunitat algal pot tenir un o més d'aquests estrats, de manera que les comunitats amb estadis successional més avançats són les més estructurades.

Aquesta alta complexitat estructural no només afecta les pròpies algues. En els ambients marins litorals, on la majoria d'animals i algues viuen fixats al substrat, hi ha una forta competència per l'espai. L'estructura de les algues ofereix, per una part, una superfície on una gran quantitat d'organismes, tant animals com plantes, s'hi adhereixen utilitzant-les com a base de fixació. Així, per exemple, s'ha arribat a comptar fins a 150 espècies d'algues epífites fixades sobre el tal·lus d'una espècie de *Cystoseira* (Naegele i Naegele, 1961). L'estructura tridimensional de les algues crea alhora una gran quantitat de microambients que són aprofitats per molts altres organismes (crustacis, mol·luscs, poliquets...), que viuen entre les frondes o dins de les estructures calcàries que creen les algues incrustants. Aquesta riquesa d'organismes és aprofitada per altres espècies que s'hi alimenten, com les larves de peixos, que, alhora que hi troben aliment, es protegeixen dels depredadors. D'aquesta manera, a més de la pròpia riquesa específica, les algues creen una estructura en la que viu i interacciona una gran quantitat d'organismes; sovint s'han comparat les comunitats algals ben desenvolupades amb les selves tropicals pel que fa a la seva complexitat i biodiversitat (Fotografia 1).



Fotografia 1. Les comunitats algals ben desenvolupades tenen una alta diversitat i complexitat estructural (Fotografia: Bernat Hereu).

Finalment, a més del valor florístic i faunístic per se, les algues tenen un important valor paisatgístic. Si tenim en compte que a les costes mediterrànies, i especialment a la costa del Montgrí i les illes Medes, hi ha una gran tradició en la pràctica d'activitats subaquàtiques, les comunitats algals i tota la seva fauna associada (tant invertebrats com peixos) constitueixen uns paisatges únics per a l'observació i l'estudi de la natura.

En els darrers anys, l'interès per les comunitats fitobentòniques ha augmentat, en haver-se identificat una sèrie de factors que poden afectar les comunitats algals i, per tant, modificar el paisatge submarí.

Per una part, l'efecte de l'herbivorisme per la superpoblació de garotes derivada de la sobrepesca dels seus depredadors. Una altra causa de canvis en les comunitats algals són els efectes difusos relacionats amb canvis a les condicions ambientals, contaminació, etc. L'aparició d'espècies invasores és també una possible causa de canvis en les comunitats algals. Ja hi ha exemples d'algues que han estat introduïdes i que, en substituir les espècies autòctones, han provocat canvis dràstics en les comunitats. Aquest és el cas d'*Asparagopsis armata*, que en l'època de màxima producció domina totalment les comunitats on és present (Sala, 1996). Recentment, hom ha trobat *Womersleyella setacea* a la costa del Montgrí (Hereu et al., 2010) i, un any més tard, ja a les illes Medes (B. Weitzmann, com. pers.). Altres espècies d'algues invasores presents a molts indrets del Mediterrani, però no a la costa del Montgrí, com *Caulerpa racemosa* i *Lophocladia lallemandi*, hi poden arribar en algun moment. Pel que fa a d'altres espècies, com *Siganus luridus*, un peix herbívor originari del mar Roig i recentment observat en aigües de la Côte d'Azur (França), poden també canviar les comunitats algals per una nova pressió d'herbivorisme.

## Estructura i dinàmica de les comunitats algals

Tots aquests factors afecten tant la distribució com la fisiologia de les espècies, de forma que les diferents comunitats no només tenen una composició específica determinada, sinó que també tenen una estructura i una dinàmica diferents.

Les comunitats més superficials, pel fet que reben més irradiació i més aportació de nutrients a causa d'un major hidrodinamisme, són molt productives. Tant és així que algunes espècies que les componen poden fer creixements espectaculars cada primavera i renovar quasi el 100% de la biomassa cada any. Així, en renovar amb facilitat la seva biomassa, les comunitats més superficials són molt resistents a les perturbacions, ja que es poden recuperar fàcilment. Per això és a les zones més somes on solem trobar la majoria dels herbívors, com les garotes i les salpes. Contràriament, les comunitats de fondària tenen el creixement molt més limitat: la llum és escassa i només els corrents de fons unidireccionals els poden proporcionar els nutrients indispensables per al seu creixement. Aquestes comunitats tenen una dinàmica molt lenta: són molt poc productives, i la majoria d'espècies no mostren grans variacions de biomassa al llarg de l'any. A més, moltes espècies acumulen substàncies de reserva o inverteixen part del seu creixement a construir components estructurals. Per això aquestes comunitats no poden suportar una pressió d'herbívors gaire forta –a més de ser molt sensibles a d'altres perturbacions–, per la lenta capacitat de recuperació que tenen.

Aquest patró es va formalitzar en un model integrador (Ballesteros, 1991) en el que les comunitats algals i el seu cicle anual es poden organitzar en un espai generat segons dos eixos de producció/diversificació i biomassa/heterogeneïtat. Aquest model, a

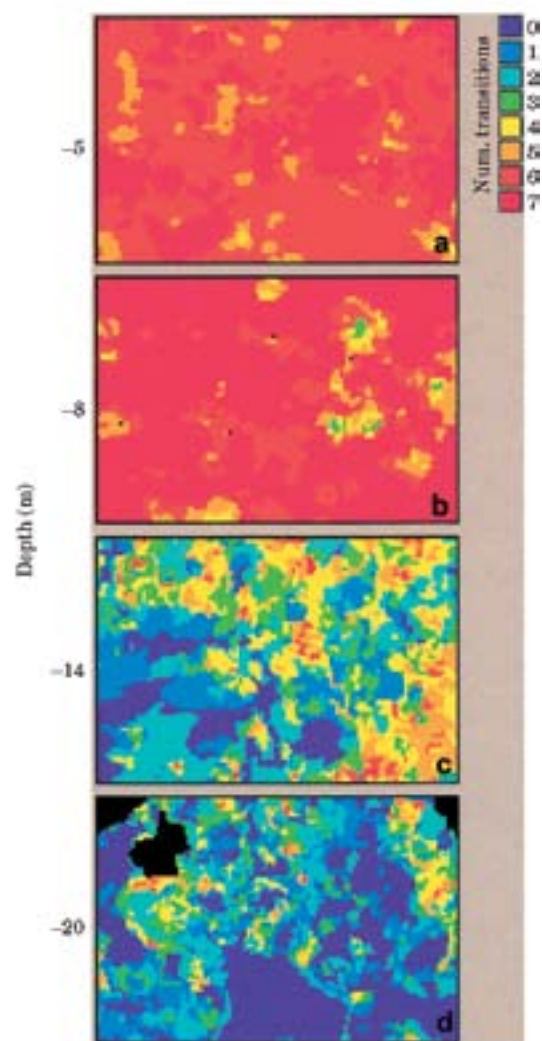


Figura 1. Mapes d'intensitat de transició resultant de la superposició d'imatges de la mateixa parcel·la a diferents fondàries. La tonalitat del color (de negre=0 a vermell=7) denota el nombre de transicions produïdes al llarg de l'estudi (2 anys) en cada parcel·la (vegeu llegenda). El nombre de transicions reflexa la dinàmica de la comunitat. (A) Comunitats algals fotòfiles, -5m, (b) Comunitats algals esciòfiles, -8m (c) Comunitats del precoral·lígen, -14m (d) Comunitats del coral·lígen, -20m. (Extret de Garbou *et al.*, 2002).



més, descriu que les comunitats són estables a determinats graus de perturbació. No obstant això, quan les perturbacions són molt fortes, aquestes comunitats es modifiquen i esdevenen altres comunitats diferents, però també estables, de forma que el canvi o degradació de les comunitats algals pot esdevenir irreversible, almenys a escala mitjana.

Els treballs sobre l'ecologia de les comunitats algals que s'han anat desenvolupant a les illes Medes i la costa del Montgrí han anat confirmant aquest model general. Així, en un estudi sobre la dinàmica de les comunitats bentòniques marines (Garrabou, 1997; Garrabou *et al.*, 2002), es va determinar la dinàmica de les comunitats bentòniques a diferents fondàries basant-se en els canvis que presenta la cobertura de diferents espècies al llarg d'un rang batimètric. Aquest estudi va demostrar que les comunitats més superficials tenen una taxa de renovació elevada, mentre que les comunitats de fondària, dominades per animals, però també per algues més parsimonioses, tenen una taxa de renovació i una dinàmica molt lenta (Figura 1, vegeu capítol 6).

## El paper de les interaccions tròfiques

Els treballs d'Enric Sala (Sala, 1996, 1997; Sala i Ballesteros, 1997; Sala i Boudouresque, 1997) varen incloure les algues i les comunitats algals en el seu estudi sobre els canvis que provoca la sobrepesca en l'estructura de la xarxa tròfica i en la composició de les comunitats bentòniques. Aquesta mena d'estudis han sovintejat en la literatura científica des de la dècada de 1990, quan es va evidenciar el paper de les reserves marines com a eina de gestió per a la conservació dels ecosistemes litorals.

Els estudis esmentats de Sala, pioners a la Mediterrània en aquesta temàtica juntament amb altres autors (Kempf, 1962; Verlaque, 1987), varen permetre formalitzar un model de funcionament dels ecosistemes bentònics en el que l'abundància de peixos depredadors en determina la composició i estructura a través dels canvis en la intensitat de les interaccions tròfiques que es transmeten a nivells inferiors, fins a les comunitats algals (Sala *et al.*, 1998a; Sala, 2004) (Figura 2). Aquest model estableix que a les reserves marines els peixos depredadors controlen les poblacions de garotes, considerades una espècie clau i els principals herbívors de la Mediterrània, i, indirectament a través dels efectes de l'herbivorisme de les garotes, també controlen les comunitats

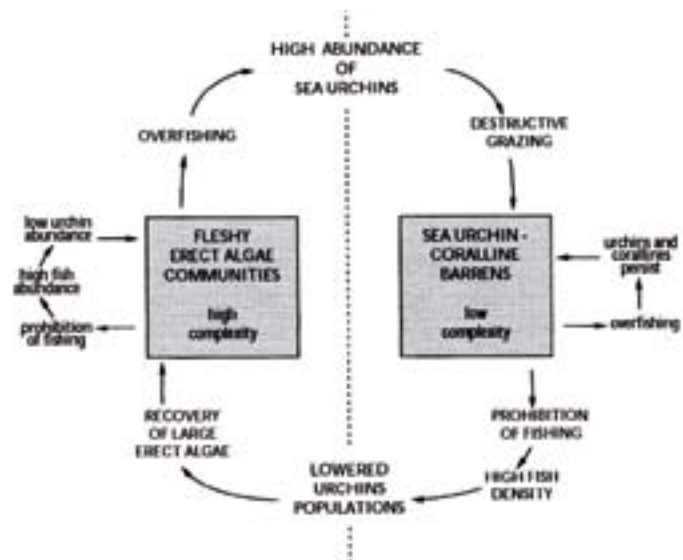


Figura 2. Model del funcionament i estructura de les comunitats algals infralitorals de la Mediterrània Occidental, on els estats terminals (comunitats algals ben desenvolupades i blancalls dominats per garotes) i els processos de transició estan determinats per la pressió de pesca. (extret de Sala *et al.*, 1998a).

algals. Així, la sobrepesca pot provocar, per aquests efectes tròfics en cascada, un canvi d'estat en les comunitats, que altera comunitats algals ben desenvolupades, amb una estructura complexa composta per diferents estrats i amb una alta diversitat associada, i les transforma en comunitats sobrepasturades menys diverses i dominades per espècies calcàries incrustants i algues oportunistes capaces de suportar la pressió dels herbívors (Fotografia 2).

Dins d'aquest marc temàtic, Sala va determinar també el paper dels peixos com a herbívors, ja que va observar que en zones amb alta abundància de peixos, aquests eliminen les algues erectes dominants i així permeten que altres algues oportunistes, com la introduïda *Asparagopsis armata*, hi creixin (Sala i Ballesteros, 1997; Sala i Boudouresque, 1997). Aquesta sèrie de treballs va poder determinar també l'important paper dels peixos en el control i la conservació de les comunitats algals, ja sigui com a depredadors d'invertebrats, ja sigui com a herbívors (Fotografia 3).



Fotografia 2. Les garotes poden modificar completament les comunitats algals, transformant comunitats molt diverses i complexes en comunitats empobrides, dominades per algues calcàries incrustants i filamentosos (Fotografia: Bernat Hereu).



Fotografia 3. Els espàrids, com aquesta són depredadors de garotes, però com a omnívors, també són uns importants consumidors d'algues (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

## Integrant tots els factors

En una sèrie de treballs més recents (Hereu 2006; Hereu *et al.*, 2008), es va comprovar experimentalment quin paper relatiu tenen els factors ambientals i els factors biòtics en l'estructuració de les comunitats algals, i com aquests interaccionen.

Per una banda, es va poder comprovar que les garotes tenen realment un efecte molt important sobre les comunitats algals, ja que la seva forma de menjar elimina completament la coberta algal, excepte les algues calcàries incrustants. Per contra, tot i que sí determinaven l'abundància d'algunes espècies, l'efecte dels peixos (majoritàriament sargs i salpes) sobre les comunitats algals és menys important ja que, a diferència de les garotes, aquests mengen els extrems de les algues sense arrancar

tot el tal·lus, la qual cosa permet el seu creixement posterior (Fotografia 4).

A més, es va poder observar que segons la seva estratègia vital, determinada per factors ambientals, cada espècie d'alga respon de forma diferent a l'efecte dels herbívors. Així, hom va identificar diferents estratègies segons la combinació entre el cicle vital i la resposta a la pressió d'herbivorisme.

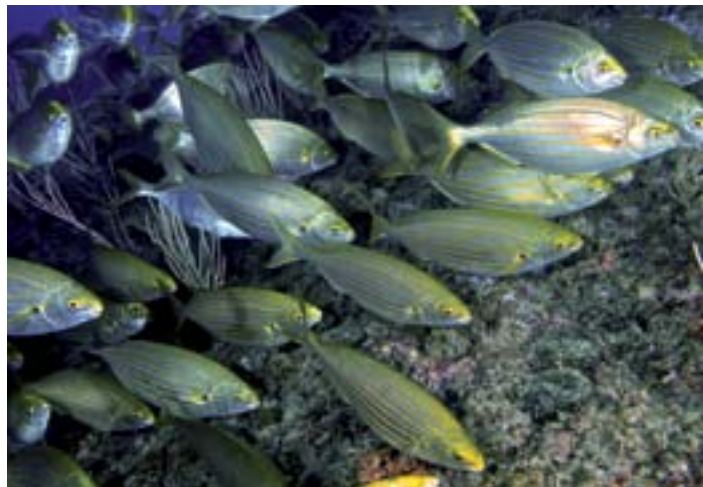
Les espècies estacionals amb gran creixement a la primavera (e.g. dictiotals, *Padina pavonica*, etc.) no es veuen gaire afectades pels herbívors, ja que el seu fort creixement pot superar amb escreix les pèrdues produïdes per aquests.

A més, en tenir un cicle anual, a la primavera següent tornen a créixer amb la mateixa abundància, encara que hagin estat molt depredades l'any anterior. Hi ha, a més, espècies oportunistes de creixement estacional (e.g. *Acetabularia acetabulum*, *Ulva rigida*) que es poden veure fins i tot afavorides per les garotes, ja que aquestes eliminen els seus competidors i els deixen un espai lliure per créixer.

Un altre grup són les algues calcàries incrustants, que no es veuen gaire afectades per l'efecte dels herbívors (e.g. *Mesophyllum alternans*), o fins i tot poden ser beneficiades (e.g. *Litophyllum incrustans*) per l'efecte d'eliminar els competidors (les algues erectes d'estrats superiors).

Contràriament, les algues perennes són les més afectades per l'efecte dels herbívors, especialment per les garotes. A diferència de les algues estacionals, les algues perennes tenen uns paràmetres demogràfics que corresponen a una biologia molt més pausada, ja que viuen diversos anys i tenen un creixement molt més lent, de forma que quan les garotes les eliminen, la seva dinàmica no els permet compensar la pèrdua provocada pels herbívors. Aquestes algues, en especial les espècies del gènere *Cystoseira*, però també moltes altres (*Corallina elongata*, *Halopteris spp.*, *Codium vermilara*, *Jania spp.*, *Sphaerococcus coronopifolius*, etc.), són precisament les que mantenen unes comunitats algals ben estructurades i conservades, ja que són les que tenen major port i formen l'estructura "de bosc" de les comunitats, cosa que permet una màxima diversitat i funcionalitat.

Un exemple extrem d'aquesta dinàmica són les comunitats d'algues que es troben a més fondària, on la dinàmica encara es més lenta. En recents estudis a la costa del Montgrí i a les illes Medes, Navarro *et al.* (2011) han analitzat mitjançant paràmetres demogràfics (com la densitat, estructura de talles, creixement, reclutament i mortalitat) l'estructura i dinàmica de poblacions de *Cystoseira zosteroides*. Aquestes algues, que tenen un tal·lus perenne de fins a 10 cm d'alçada i renoven les fulles anualment, a la costa del Montgrí i les Medes són relativament abundants i es troben entre 20 i 35 m de fondària (vegeu capítol 2). Es varen poder determinar uns creixements del tal·lus molt baixos, de forma que s'han pogut datar alguns individus, de poc més de 10 cm d'alçada, en més de 50 anys d'edat. Aquests resultats concorden amb altres



Fotografia 4. Les salpes són peixos importants herbívors que tenen un paper important en la dinàmica de les comunitats algals (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

estudis realitzats a d'altres indrets del Mediterrani, on també sobreviuen encara poblacions d'aquestes algues de fondària (Hereu *et al.*, 2008; Ballesteros *et al.*, 2009).

A causa de la seva fragilitat i lent creixement, que no permeten una recuperació a mitjà termini, aquestes comunitats de fondària són especialment vulnerables a perturbacions mecàniques, com les xarxes de pesca o les àncores d'embarcacions, i també ambientals, especialment les produïdes pel canvi de transparència de l'aigua o la sedimentació. Tant es així, que aquestes comunitats han desaparegut de la majoria de zones on havien estat descrites no fa més de 50 anys (Giaccone i Bruni, 1973; Thibaut *et al.*, 2005; Serio *et al.*, 2006), i resten només poblacions en algunes zones ben conservades del litoral.

## El seguiment biològic de les comunitats algals

A més de permetre conèixer millor la dinàmica i el funcionament de les comunitats algals, aquesta sèrie de treballs va permetre aplicar i desenvolupar una tècnica semiquantitativa que permet un control efectiu i fàcilment replicable de les comunitats algals, per al seu estudi i monitoratge. Aquesta tècnica consisteix en el recompte de la cobertura mitjançant els anomenats "algòmetres": un quadrat de superfície coneguda, subdividit en reticles, a cadascun dels quals es compta la presència de cada espècie d'un llistat de les algues més conspicues (Fotografia 5).



Fotografia 5. Els "algòmetres" són quadres reticulats en subquadres on es compta la presència i cobertura de les algues més conspicues. Es realitzen in situ, i han mostrat ser el millor mètode per a calcular la composició de les comunitats algals (Fotografia: Bernat Hereu).

A més, es va posar de rellevància que l'estudi de les comunitats algals s'ha de fer específicament, i no com a "grups funcionals" definits segons la forma o l'estructura de les espècies, i que han estat utilitzats a molts estudis. La utilització de "grups funcionals" pot emascarar diferents efectes, perquè dins de cada "grup funcional" es poden trobar espècies amb diferents estratègies vitals que responen de forma diferent a les diferents perturbacions. És a dir, no és el mateix tenir comunitats dominades per dictiotals (algues estacionals i molt resistents a l'herbivorisme, com *Dictyota dichotoma*), que comunitats dominades per algues perennes com *Cystoseira spp.* (molt sensibles a l'efecte dels herbívors i altres perturbacions, que formen comunitats molt estructurades i diverses), tot i que ambdós grups d'espècies es puguin classificar dins del mateix "grup funcional".

A més, atesa la necessitat d'identificar a nivell específic els components de la comunitat, el mostreig in situ és la millor metodologia per a l'estudi d'aquestes comunitats, ja que permet una òptima observació i iden-



tificació de les diferents espècies, incloses les que formen els estrats inferiors, que poden quedar cobertes per espècies arborescents. Alguns estudis han comparat aquest mètode amb l'anàlisi de fotografies (Sant, 2003), i arriben a la conclusió que els resultats obtinguts mitjançant fotografies són molt menys precisos i permeten una menor resolució.

Aquesta tècnica va permetre incorporar el monitoratge de les comunitats algals en el programa de seguiment del patrimoni natural de les illes Medes, amb l'objectiu de detectar possibles canvis en les comunitats, ja fos pels efectes de la gestió (en relació a l'abundància de peixos i garotes), ja fos a causa de perturbacions puntuals o l'aparició d'espècies invasores.

Els resultats d'aquest seguiment mostren certes diferències en la composició de les comunitats entre la costa del Montgrí i la Reserva Marina. Concretament, en algunes zones de la Reserva, s'ha pogut observar recentment un augment important de la cobertura de *Cystoseira* spp., que pot arribar a formar comunitats (vegeu capítol 2). Aquest augment pot respondre als canvis produïts a l'estructura de la xarxa tròfica com a conseqüència de la protecció. El fet que aquestes comunitats hagin aparegut al cap de més de 20 anys després de l'establiment de l'Àrea Protegida posa en evidència que, tot i que els peixos responen ràpidament a la protecció, els efectes secundaris en els ecosistemes poden trigar desenes d'anys (Sala *et al.*, 2012).

A més, el monitoratge de les comunitats algals va permetre detectar perturbacions puntuals que ens han fet adonar de la fragilitat d'aquestes comunitats.

Per una part, una de les comunitats d'algues de fondària del Montgrí va patir una alta mortalitat per l'erosió produïda per una xarxa abandonada, que va arrencar més del 40% dels peus de *Cystoseira zosteroides* (Navarro *et al.*, 2011). Tenint en compte la lenta dinàmica d'aquesta espècie, aquesta mortalitat pot determinar la viabilitat d'aquesta població a mitjà termini, fet que mostra la necessitat de protegir aquestes poblacions de tot tipus de perturbacions mecàniques.

Una altra perturbació important va ser el temporal de Sant Esteve de l'any 2008. Aquest temporal va denudar completament els fons de blocs fins a més de 10 metres de fondària, ja que la força del temporal va moure els blocs i aquests es van erosionar entre ells. El resultat és que en alguns fons es va perdre més del 70% de la coberta algal, especialment a la costa del Montgrí. En canvi, a les comunitats amb substrat rocós sòlid, les comunitats algals a penes es varen veure afectades (Garcia-Rubies *et al.*, 2009).

El sorprenent d'aquest estudi és que les comunitats algals no s'han recuperat al cap de més de tres anys, ja que, tot i que existeix una coberta algal, la composició específica és encara molt diferent de les comunitats no afectades.

Aquest seguiment ens indica que, encara que es tracti de comunitats molt dinàmiques, les comunitats algals fotòfiles tenen una capacitat de recuperació lenta en el cas de ser perturbades i, tot i que tenen una certa cobertura, les comunitats perturbades són molt diferents de les comunitats ben desenvolupades pel que fa a composició, estructura i funcionalitat.



## Les garotes: espècies clau per a les comunitats algals

En aquest mateix àmbit d'estudi, les garotes (equinoideus, equinoderms) van ser identificades a com a espècies clau en el funcionament dels ecosistemes. A causa de la sobrepesca, hom sospita que les altes densitats de les poblacions de garotes del litoral mediterrani són relativament recents, amb unes conseqüències molt negatives per a les comunitats algals, ja que la major part dels fons mediterranis mostren senyals de sobrepastura, amb comunitats empobrides formades només per un estrat incrustant i algunes espècies arbustives (anomenats "blancalls" per l'aspecte clar que té el fons, a causa del color de les algues incrustants), per l'excessiva pressió herbívora de les garotes (Sala *et al.*, 1998a). Per aquest motiu, les poblacions de garotes (principalment *Paracentrotus lividus* i *Arbacia lixula*, que són les més abundants i les que tenen un major efecte sobre les comunitats algals al Mediterrani) es varen incorporar al programa de seguiment de la Reserva Marina de les illes Medes, amb la finalitat de comparar l'evolució de la seva densitat i estructura demogràfica dins i fora de la Reserva, així com valorar fins a quin punt una elevada densitat de peixos és capaç de controlar demogràficament les poblacions de garotes. En aquesta monitorització, es va mesurar la densitat i estructura de mides de garotes en diferents estacions de la zona protegida de les illes Medes i de la costa del Montgrí, i en dos tipus de substrat diferents (parets homogènies i fons de blocs amb multitud d'esquerdes i refugis) (Fotografia 6).



Fotografia 6. En el comptatge de garotes durant el programa de seguiment es conten i es mesura el diàmetre de les garotes en unitats de 50 m<sup>2</sup>, determinades per una cinta mètrica de 50 m que es va resseguint amb una barra de 1 m d'allargada (Fotografia: Bernat Hereu).

La sèrie temporal de l'evolució de densitat de *Paracentrotus lividus* no mostra una gran diferència de densitats entre dins i fora de la reserva. La diferència més conspícua és la variabilitat tan alta que mostren les poblacions de fora de la reserva que, analitzant l'estructura de talles, es pot comprovar que responen a pics de reclutament molt importants que fan augmentar molt la densitat en determinats anys, però que queden atenuats en els anys posteriors (Sala *et al.*, 1998b; Hereu *et al.*, 2012) (Figures 3 i 4).

Aquests resultats són aparentment contradictoris amb les teories de cascades tròfiques, que prediuen un control de les poblacions de garotes per depredació dins les reserves marines. No obstant això, la recerca paral·lela que es va anar fent durant aquest seguiment (Sala, 1996, 1997; Sala i Zabala, 1996; Sala *et al.*, 1998; Hereu 2004, 2005; Hereu *et al.*, 2004, 2005) va donar la clau per explicar aquesta tendència: la interacció entre multitud de factors que determinen diferents fases del cicle vital de les garotes pot desviar els resultats de les prediccions dels models deterministes.

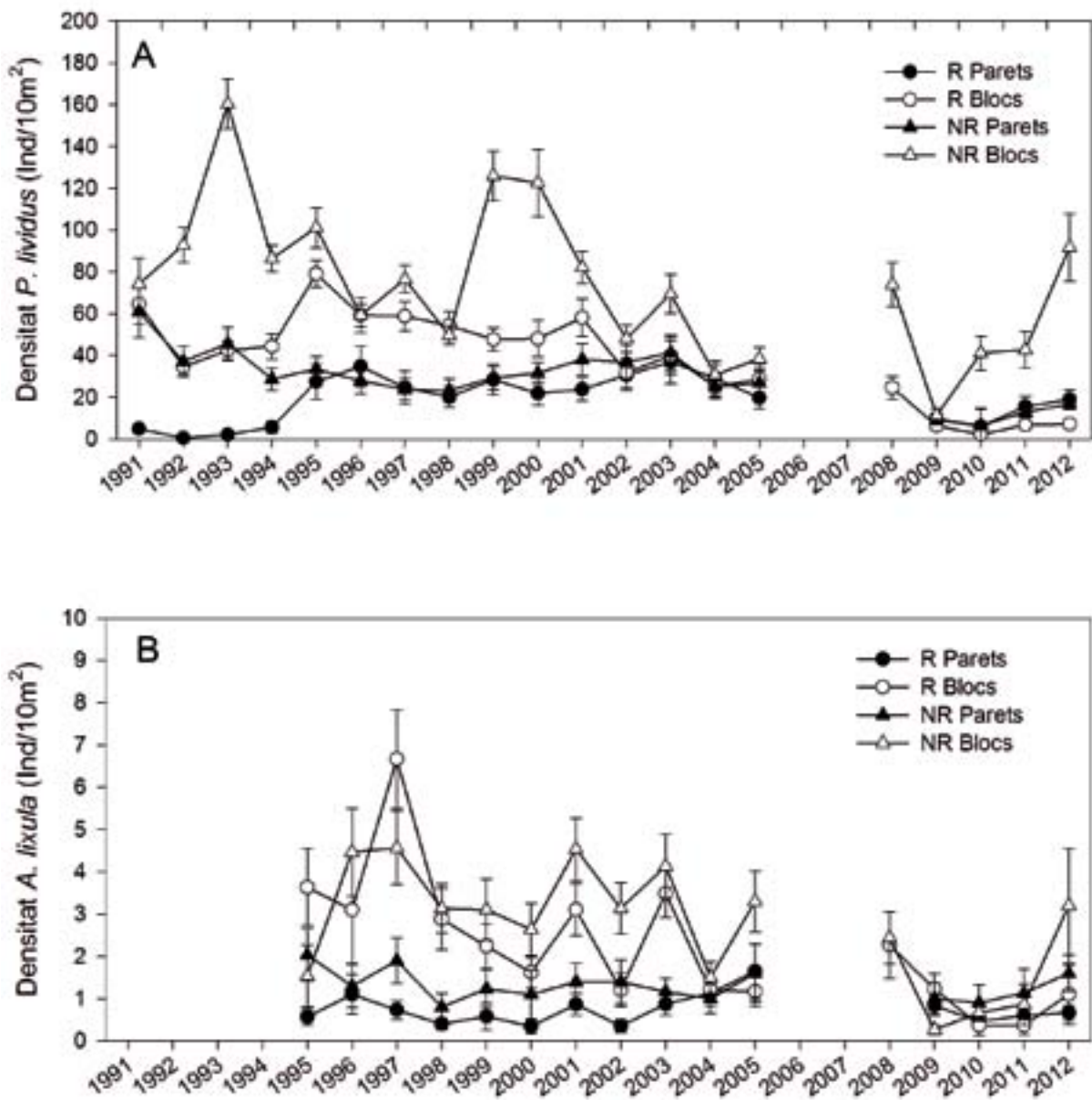


Figura 3. Evolució de la densitat de garotes a les Illes Medes (R) i la costa del Montgrí (NR), en fons de blocs i parets verticals. A) *Paracentrotus lividus*, b) *Arbacia lixula*.

Les pautes de reclutament de les garotes es varen identificar com un procés clau per entendre les poblacions d'aquesta espècie. En una sèrie de treballs on es varen instal·lar col·lectors artificials de larves de garotes, es va poder comprovar que el reclutament de *P. lividus* mostra unes pautes molt variables tant temporalment com espacialment (Hereu *et al.*, 2004). Així, es va poder observar una gran variabilitat interanual (de més d'un ordre de magnitud) en l'arribada de reclutes, que en alguns punts i anys poden ser de més de 10.000 individus/m<sup>2</sup>. A més, l'assentament no mostra cap pauta espacial determinada, sinó que sembla produir-se de forma aleatòria, probablement lligada a les condicions oceanogràfiques.

Aquests resultats tenen una gran importància a l'hora d'entendre el paper de les reserves marines en la dinàmica de les poblacions de garotes. Les larves de *P. lividus* tenen una capacitat de dispersió molt elevada, i això els permet arribades massives arreu, inclús en llocs on les poblacions d'adults són molt baixes. Això fa pensar que les poblacions de l'interior de les reserves marines no són tancades i poden rebre entrades massives de larves produïdes en altres indrets, on l'abundància d'adults pot ser molt elevada. Tot i el potencial depredador dels peixos, aquestes arribades massives de larves poden mantenir poblacions de garotes elevades fins i tot dins de les reserves marines, com les illes Medes, on l'abundància de depredadors és molt elevada.

Enfront de l'efecte aleatori i desestabilitzador del reclutament, la depredació és un procés estabilitzador per al control de les poblacions de garotes. En una sèrie d'estudis experimentals, es va demostrar que la taxa de depredació sobre garotes adultes és molt més alta dins la Reserva (Sala i Zabala, 1997). No obstant això, es va poder comprovar que no només els sargs, tal com estava descrit per a la resta de la Mediterrània, sinó també moltes altres espècies de peixos, majoritàriament de la família dels làbrids, són importants depredadors de garotes, especialment de les fases juvenils (entre 0,2 i 1 cm de diàmetre) i tenen una gran importància en el control de les poblacions (Sala, 1997; Hereu *et al.*, 2005) (Fotografia 7). Així, es va poder determinar que la mida dels peixos també té una gran importància en aquesta relació depredador-presa i, consegüentment, en el control de les poblacions de garotes: a partir de certa mida, les garotes assolixen una talla refugi per a cada espècie de depredador (a partir de la qual ja no poden ser depredades). Ja que la mida dels peixos en zones pesquades és menor, fins i tot pel que fa a espècies petites sense interès comercial, el potencial de control per depredació també disminueix. Aquest fet posa en evidència que inclús la pesca esportiva sobre espècies no comercials pot tenir una gran importància en el control de les poblacions de garotes i, de retruc, en la conservació de les comunitats infralitorals (Sala, 1997; Hereu *et al.*, 2005).

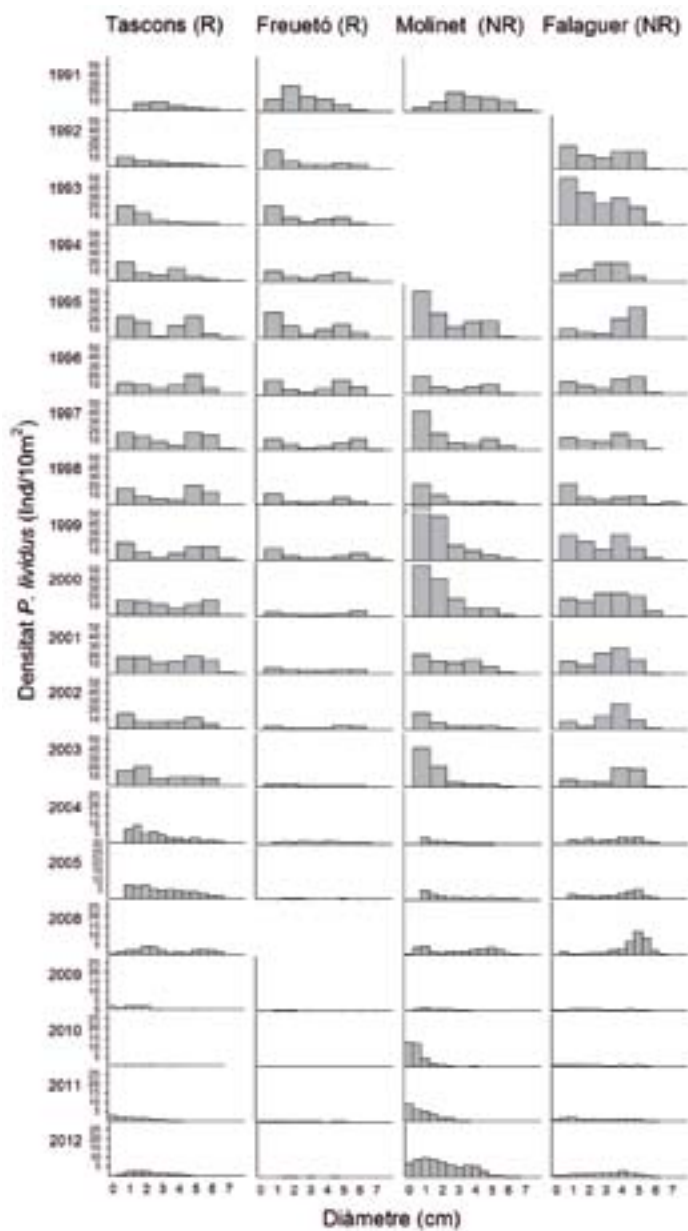


Figura 4. Evolució de l'estructura de talles de *P. lividus* en les diferents estacions amb fons de blocs dins i fora de la reserva (classes de talla de 1 cm de 1991 a 2003 i de 0,5 cm de 2003 a 2012).

Les variacions en les densitats de garotes observades a la sèrie temporal del seguiment mostren un cert potencial dels peixos a l'hora de controlar les poblacions de garotes. Els anys que hi ha una alta producció de larves i un fort reclutament, la densitat de garotes fora de la Reserva, on hi ha menys depredadors i són més petits, augmenta considerablement, la qual cosa produeix variacions importants en la densitat de les poblacions. En canvi, dins de la Reserva no es produeixen aquestes variacions i s'observa un patró molt més regular en la densitat de garotes al llarg del temps a causa del control dels peixos, que, si bé no poden eliminar-les completament, sí poden atenuar aquestes entrades massives de individus juvenils a les poblacions.



Fotografia 7. *Coris julis*, i molts altres petits làbrids són importants depredadors de garotes en les seves fases juvenils (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Recents estudis també realitzats al Montgrí han demostrat que, a més dels peixos, hi ha una fracció important de petits invertebrats, majoritàriament crustacis, que poden depredar una fracció molt important d'aquests reclutes postassentats (Bonaviri *et al.*, 2012). Aquesta depredació pot ser diferencial entre diferents tipus de comunitats, ja que l'abundància de microdepredadors és determinada en gran mesura per la composició i estructura de les comunitats, de manera que l'abundància i la diversitat són molt més grans en comunitats ben desenvolupades i estructurades. En comunitats amb alta densitat de garotes i comunitats algals molt empobrides, l'abundància de microdepredadors és molt menor, i d'aquesta manera s'afavoreix la supervivència de les garotes juvenils, la qual cosa retroalimenta aquestes comunitats degradades dominades per garotes.

La topografia és un factor determinant en l'abundància i l'estructura de les poblacions de garotes. En la sèrie temporal del seguiment, l'únic patró regular és el determinat per la topografia: en fons de blocs, les densitats són més elevades i amb pics de reclutament més conspicus que en fons de paret, independentment de l'abundància de peixos (Figura 3). Aquest fet s'explica per la major disponibilitat de refugis que tenen les garotes per amagar-se dels seus depredadors en els fons de blocs. Aquest patró també es va poder observar a les fases juvenils de *P. lividus* (Hereu *et al.*, 2005), on les taxes de depredació disminuïen molt en presència de microrefugis, com petites esquerdes o la coberta algal. De fet, les mateixes garotes adultes poden oferir refugi als juvenils, ja que aquests es poden situar sota les espines dels adults durant les fases juvenils més sensibles a la depredació, de manera que es produeix un altre cop un efecte de retroalimentació que pot contribuir a mantenir elevades les poblacions de garotes amb un reclutament constant, tot i la presència de depredadors. De fet, a la Reserva marina de les illes Medes s'observa una correlació entre individus adults i juvenils, fet que posa de manifest aquest mecanisme (Hereu *et al.*, 2012).

Aquest fet evidencia que el comportament de les garotes també juga un paper important en aquesta sèrie d'interaccions. En zones on hi ha molts depredadors, les garotes estan més amagades (Sala, 1996) i es mouen menys (Hereu, 2005) per evitar ser depredades. Aquest comportament evasiu també té im-



portància sobre les comunitats algals, ja que, en moure's menys, tenen menys capacitat de pasturar i, consegüentment, l'efecte de sobrepastura sobre les comunitats algals és menor (Hereu, 2006; Hereu *et al.*, 2008). Així, es van descriure uns efectes en cascada no determinats només per la depredació, sinó mediats també pel comportament evasiu de les garotes (Hereu, 2006).

Un fet que va trencar la tendència en la dinàmica de les poblacions de garotes va ser el temporal de Sant Esteve de 2008. A causa de les onades i el moviment del substrat, les poblacions de garotes es varen veure reduïdes en més d'un 80%, especialment a les zones de blocs. Aquests canvis importants en les poblacions encara eren evidents tres anys després, ja que, tot i que va haver un important reclutament l'any 2010, creiem que les poblacions afectades no es recuperaran d'aquí a uns quants anys a causa de la taxa de creixement relativament baixa (menys d'1 cm de diàmetre l'any) i la capacitat limitada de migració d'aquesta espècie (Hereu, 2005). Com que dins la Reserva marina la pressió de depredació de juvenils és més gran i els polsos de reclutament són més atenuats, es prediu que, si succeeix, la recuperació de les poblacions de garotes dins la Reserva serà més lenta que a la costa del Montgrí.

Tot i que la garota *P. lividus* es una espècie molt apreciada en gastronomia, i probablement es pesca a la costa del Montgrí amb certa intensitat tant comercialment com recreativament, no tenim dades de l'esforç de pesca, encara que no hem detectat efectes clars d'aquesta activitat sobre les poblacions de garotes en aquest sector del litoral. No obstant això, ja que els depredadors naturals d'aquesta espècie han disminuït considerablement, es pot entendre la seva pesca com un substitut de la depredació per peixos, perquè pot contribuir a evitar superpoblacions d'aquesta espècie que puguin malmetre les comunitats algals i la diversitat que allotgen.

Malgrat ser molt abundant en altres zones de la Mediterrània, les densitats de la garota negra, *Arbacia lixula*, són molt baixes a la zona del Montgrí, aproximadament la desena part de les observades per a *P. lividus*. A diferència de *P. lividus*, *A. lixula* no va mostrar oscil·lacions notables en la densitat al llarg dels anys del seguiment, i palesà un reclutament molt baix. Aquesta espècie es considera termòfila (Francour *et al.*, 1994), i la seva abundància pot variar en diversos ordres de magnitud en funció de la regió, cosa que suggereix un patró biogeogràfic. A causa d'aquesta termofília, s'ha pensat que l'abundància d'aquesta espècie pot estar afectada per l'augment de temperatura causat pel canvi climàtic. El seguiment a llarg termini d'aquesta espècie a les illes Medes i costa del Montgrí no recolza aquesta hipòtesi: tot i que l'escalfament de les aigües costaneres ha estat de gairebé d'1° C en els últims 3 anys a l'àrea nord-occidental de la Mediterrània (vegeu capítol 3), les poblacions d'*A. lixula* no han patit cap canvi notable després de 15 anys.

## La manca d'escala apropiada d'estudi: implicacions per a la conservació i gestió

Els resultats d'aquest estudi posen en relleu que multitud de processos que actuen a diferents escales temporals i espacials (de local i anual a regional i de baixa freqüència) poden modificar els processos lineals que regulen les poblacions de garotes. La transició entre estats alternatius (comunitats de macroalgues i blancalls) podria



ser determinada per llindars crítics, no només pel que fa a l'abundància de peixos depredadors, sinó també a les densitats de garotes, que, al seu torn, són regulades per múltiples factors més enllà de la depredació.

Alguns estudis han demostrat que el control de la xarxa tròfica via depredació pot variar segons les condicions físiques i les característiques de les espècies que són localment dominants (Micheli *et al.*, 2005; Shears *et al.*, 2008). A més, la visibilitat dels efectes indirectes sobre les comunitats bentòniques poden tenir un decalatge en el temps de desenes d'anys (Babcock *et al.*, 2010). A les illes Medes, efectes directes sobre les poblacions de peixos s'han descrit en menys de 5 anys de protecció (vegeu capítol 8). Tot i que les densitats de peixos depredadors es van mantenir per sobre dels 15 ind/100 m<sup>2</sup> (llindars previstos per al control de les densitats de garotes, Guidetti i Sala, 2007), les diferències a les poblacions de garotes no són gaire evidents després de més de 15 anys de protecció.

En altres reserves d'arreu del món, es varen observar lapses de temps similars on la recuperació dels peixos depredadors és relativament ràpida, però els efectes indirectes sobre les poblacions de garotes trigaren més de una dècada en aparèixer (Babcock *et al.*, 2010). Aquest retard en el control de les poblacions de garotes es pot explicar per aquest conjunt de factors (variabilitat en el reclutament, efectes dels refugis, comportament) que poden modular l'efecte de la depredació.

En un estudi recent, Sala *et al.*, (2012) varen comparar diverses reserves marines amb àrees no protegides a tota la Mediterrània, i no van trobar un efecte clar de la protecció a les comunitats algals. La major part de comunitats dominades per algues del gènere *Cystoseira* es varen trobar en zones no protegides, el que posa en evidència que altres factors, a més de la presència de depredadors, són importants a l'hora de determinar l'estructura de les comunitats bentòniques infralitorals. No obstant això, la reserva marina de les illes Medes és l'únic cas on s'ha pogut observar un augment de les poblacions de *Cystoseira* després de la protecció. Aquest fet demostra que és possible la recuperació de les comunitats ben desenvolupades a través de la reestructuració de la xarxa tròfica, però que es tracta d'un procés molt lent i asimètric respecte al procés de degradació.

L'acoblament dels enfocaments experimentals i descriptius a llarg termini és convenient per entendre el funcionament dels ecosistemes i per desenvolupar eines per a la seva gestió i conservació. La sèrie de treballs realitzats a les illes Medes i la costa del Montgrí, que combinen estudis experimentals a curt termini i la monitorització regular a llarg termini, ens han permès fer-nos una idea molt més precisa del funcionament dels ecosistemes. Mentre que els estudis experimentals a curt termini permeten estudiar i comprovar els processos que hi intervenen, els estudis de monitorització regulars i a una escala temporal llarga de poblacions naturals permeten observar com aquests processos actuen simultàniament i a les escales temporals adequades. Aquest coneixement en profunditat del funcionament dels ecosistemes ens dona un ventall prou ample d'eines de gestió i conservació dels ecosistemes bentònics litorals.

## Agraïments

Aquest treball i els resultats que s'hi exposen es el resultat del treball de molts investigadors que han dedicat molt temps i esforç en el coneixement de les comunitats infralitorals de les Medes i el Montgrí. Aquest equip d'investigadors, "l'equip del seguiment", ha estat una font constant de motivació i aprenentatge sense el qual hauria estat impossible haver fet aquest capítol, i tota la feina que hi ha darrera. Voldria agrair especialment a l'Enric Sala i en Mikel Zabala la seva imprescindible contribució ja que ells varen ser els pioners en aquesta línia de recerca, que posteriorment hem anat desenvolupant altres investigadors. En Kike Ballesteros també ha tingut un paper molt important en l'estudi de les comunitat algals, ja que ha participat en molts estudis i ha estat un referent en l'estudi d'aquestes comunitats.

En Josep Pascual ha estat sempre un element imprescindible per a poder dur a terme tota aquesta feina. Les seves dades han estat un suport per a molts estudis sense les quals no s'haguessin pogut realitzar. Josep Maria Llenas ha estat també una font constant de motivació i de resolució de qualsevol problema logístic que ha fet el treball a les Medes i el Montgrí un plaer.

Voldria agrair també la col·laboració i suport de tot el personal del Parc Natural de les Illes Medes i el Baix Ter. El treballs realitzats dins del seguiment biològic de la Reserva Marina de les Illes Medes han estat finançat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (de 1990 a 1998) i després pel Departament de Medi Ambient (des de 1999 a 2003, 2005, 2008) de la Generalitat de Catalunya.

## Bibliografia

- Babcock RC, Shears NT, Alcalá AC, Barrett NS, Edgar GJ, Lafferty KD, Mcclanahan TR, Russ GR (2010) Decadal trends in marine reserves reveal differential rates of change in direct and indirect effects. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 107: 18256-18261.
- Ballesteros E (1984) Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona, 587 pp.
- Ballesteros E (1991) Structure and dynamics of North-Western Mediterranean phytobenthic communities: a conceptual model. In Ros JD and Prat N (eds.) *Homenage to Ramon Margalef; or, Why there is such pleasure in studying nature*. *Oecologia Aquatica* 10: 223-242.
- Ballesteros E, Pérez M, Zabala M (1984) Aproximación al conocimiento de las comunidades algales de la zona infralitoral superior en la costa catalana. *Collectanea Botanica* 14: 69-100.
- Ballesteros E, Garrabou J, Hereu B, Zabala M, Cebrian E, Sala E (2009) Deepwater stands of *Cystoseira zosteroides* C. Agardh (Fucales, Ochrophyta) in the Northwestern Mediterranean: insights into assemblage structure and population dynamics. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 82: 477-484.
- Bonaviri C, Gianguzza P, Pipitone C, Hereu B (2012) Micropredation on sea urchins as a potential stabilizing process for rocky reefs. *Journal of Sea Research* 73:18-23.
- Feldmann J (1937) Les algues marines de la côte des Albères. I-III. Cyanophycées, Chlorophycées et Phéophycées de la côte des Albères. Imprimerie Wolf. Rouen, 197 (pl I-X).
- Francour P, Boudouresque CF, Harmelin GJ, Harmelin-Vivien ML, Quignard JP (1994) Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators. *Marine Pollution Bulletin* 28: 523-526.
- García-Rubies A, Mateo MA, Hereu B, Coma R, Teixido N, et al. (2009) Preliminary assessment of the impact of an extreme storm on catalan mediterranean benthic communities. 11th Plinius Conference on Mediterranean Storms. Barcelona, Spain, 7-11 September 2009.
- Garrabou J (1997) Structure and dynamics of North-Western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient: a Geographical Information System (GIS) approach. PhD Thesis, Barcelona, Spain.
- Garrabou J, Ballesteros E, Zabala M (2002) Structure and Dynamics of North-western Mediterranean Rocky Benthic Communities along a Depth Gradient. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 55: 493-508.
- Giaccone G, Bruni (1973) Le cistoseire e la vegetazione sommersa del Mediterraneo, vol. 131. *Atti Istituto Veneto Scienze, Lettere e Arti*. 59-103.
- Guidetti P, Sala E (2007) Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 335: 43-56.
- Hereu B, Linares C (2003) Les comunitats algals de la Costa del Montgrí i les illes Medes. *Papers del Montgrí* 16: 72-114.

- Hereu B (2004) The role of trophic interactions between fishes, sea urchins and algae in the northwest Mediterranean rocky infralittoral. PhD Thesis. Universitat de Barcelona. [http://catalog.ub.edu/record=b1945618~S1\\*cat](http://catalog.ub.edu/record=b1945618~S1*cat)
- Hereu, B (2005) Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve and an unprotected area in the NW Mediterranean. *Marine Ecology* 26: 54-62.
- Hereu B, Zabala M, Linares C, Sala E (2004) Temporal and spatial variability in settlement of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the NW Mediterranean. *Marine Biology* 144: 1011-1018.
- Hereu B, Zabala M, Linares C, Sala E (2005) The effects of predator abundance and habitat structural complexity on survival of juvenile sea urchins. *Marine Biology* 146: 293-299.
- Hereu B (2006) Depletion of palatable algae by sea urchins and fishes in a Mediterranean subtidal community. *Marine Ecology Progress Series* 313: 95-103.
- Hereu B, Mangialajo L, Ballesteros E, Thibaut T (2008) On the occurrence, structure and distribution of deep-water *Cystoseira* populations in the Port-Cros National Park (North-western Mediterranean). *European Journal of Phycology* 43, 263-273.
- Hereu B, Rodríguez A, Linares C, Diaz D, Riera JL, Zabala M (2010) Cartografia bionòmica del litoral submergit de la costa del Montgrí. Informe tècnic per a la Diputació de Girona. URI:<http://hdl.handle.net/2445/22563>.
- Hereu B, Linares C, Sala E, Garrabou J, Garcia-Rubies A, Díaz D, Zabala M (2012) Multiple processes regulate long-term population dynamics of sea urchins on mediterranean rocky reefs. *PloS one* 7:e36901.
- Johnston CS (1969) Studies on the ecology and primary production in Canary Islands marine algae. *Proceed in Seaweed Symp* 6: 213-222.
- Kempf M (1962) *Recherches d'écologie comparée sur Paracentrotus lividus (Lmk) et Arbacia lixula (L)*. *Rec Trav St Mar Endoume* 25: 47-115.
- Micheli F, Benedetti-Cecchi L, Gambaccini S, Bertocci I, Borsini C, Osio GC, Romano F (2005) Alternate states, marine protected areas, and the structure of Mediterranean rocky-reef assemblages. *Ecological Monographs* 75: 81-102.
- Naegele E, Naegele A (1961) *Les algues*. Press. Univ. France Paris.
- Navarro L, Ballesteros E, Linares C, Hereu B (2011) Spatial and temporal variability of deep-water algal assemblages in the Northwestern Mediterranean: The effects of an exceptional storm. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 95: 52-58.
- Odum ED, de la cruz AA (1963) Detritus as major component of ecosystems. *Aibs Bulletin* 13: 39-40.
- Ollivier G (1929) Étude de la flore marine de la côte d'Azur. *Annales de l'Institut Océanographique de Monaco* 7: 53-173.
- Peres JM, Picard J (1963) Aperçu sommaire sur les peuplements marins benthiques entourant l'île de Port-Cros. *Terre et vie* 110: 436-448.

- Riedl R (1966) *Biologie der Meereshöhnel*. Paul Parey, Hamburg.
- Ros J, Romero J, Ballesteros E, Gili JM (1985) Diving in Blue Water: the Benthos. In: R. Margalef (ed.), *The Western Mediterranean*. Key Environmental Series. Pergamon. London. p. 233-235.
- Sala E (1996) The role of fishes in the organization of a Mediterranean sublittoral community. These Doct, Univ Aix-Marseille 11, Marseille.
- Sala E (1997) The role of fishes in the organization of a Mediterranean sublittoral community II: Epifaunal communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 212: 45-60.
- Sala E (1997) Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the northwestern Mediterranean Sea. *Marine Biology* 129: 531-539.
- Sala E, Ballesteros E (1997) Partitioning of space and food resources by three fish of the genus *Diplodus* (Sparidae) in a Mediterranean rocky infralittoral ecosystem. *Marine Ecology Progress Series* 152: 273-283.
- Sala E, Boudouresque CF (1997) The role of fishes in the organization of a Mediterranean sublittoral community I: Algal communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 212: 25-44.
- Sala E, Boudouresque CF, Harmelin-Vivien M (1998a) Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos* 82: 425-439.
- Sala E, Ribes M, Hereu B, Zabala M, Alva V, Coma R, Garrabou J (1998b) Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the northwestern Mediterranean: comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Marine Ecology Progress Series* 168: 135-145.
- Sala E, Zabala M (1996) Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 140: 71-81.
- Sala (2004) The past and the present topology and structure of Mediterranean subtidal rocky shore food webs. *Ecosystems* 7: 333-340.
- Sala E, Ballesteros E, Dendrinos P, Di Franco A, Ferretti F, et al. (2012) The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PlosOne* 7: e32742.
- Serio D, Alongi G, Catra M, Cormaci M, Furnari G (2006) Changes in the benthic algal flora of Linosa island (Straits of Sicily, Mediterranean Sea). *Botanica Marina* 49: 135-144.
- Shears NT, Babcock RC, Salomon AK (2008) Context-dependent effects of fishing: variation in trophic cascades across environmental gradients. *Ecological Applications* 8: 1860-1873.
- Thibaut T, Pinedo S, Torras X, Ballesteros E (2005) Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira spp.* and *Sargassum spp.*) in the Albères coast (France, Northwestern Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 50: 1472-1489.
- Verlaque M (1987) Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamrk) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. p 5-36.



# El coral-ligen de les illes Medes: una comunitat fràgil amb un gran valor patrimonial

Cristina Linares<sup>1</sup>, Rafel Coma<sup>2</sup> i Joaquim Garrabou<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

<sup>2</sup> Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC)

<sup>3</sup> Institut de Ciències de la Mar (ICM-CSIC), Barcelona



## Què és el coral·ligen?

El coral·ligen ha estat definit com una bioconstrucció formada sobretot per algues calcàries de la família de les coral·linàcies, principalment dels gèneres *Lithophyllum*, *Lithothamnion*, *Mesophyllum*, *Neogoniolithon*, *Peyssonnelia* i *Halimeda*, que es desenvolupen entre 20 i 120 m de fondària, on la poca disponibilitat de llum limita el creixement de les algues fotofil·les (Ballesteros, 2006). En aquestes condicions, les espècies d'algues carbonatades passen a ser dominants i, juntament amb diferents espècies d'invertebrats, desenvolupen unes comunitats amb una forta complexitat estructural. Originalment, el coral·ligen es va descriure en el segle XIX a la zona de Marsella (Marion, 1833). El nom, coral·ligen, estava relacionat amb la "producció" de corall vermell *Corallium rubrum* per part de les bioconstruccions algals. De fet, a la zona de Marsella el corall vermell era un recurs pesquer molt important en aquella època i d'aquí, probablement, que s'embrès el terme. Tanmateix, el terme engloba el conjunt de comunitats dominades per diferents algues calcàries i invertebrats que, independentment de la seva composició, estan caracteritzades per desenvolupar importants bioconcrecions (fins a 2 m d'alçada) en diferents zones geogràfiques de la Mediterrània.

Aquestes bioconcrecions algals formen una estructura complexa que dóna refugi a un gran nombre d'altres espècies d'algues i animals, de manera que les comunitats de coral·ligen són importants "punts calents" (*hot-spots*) de biodiversitat. S'han arribat a descriure al voltant de 1.600 espècies, que representen un 20% de totes les que viuen a la Mediterrània (Ballesteros, 2006). Les principals espècies que contribueixen al desenvolupament del coral·ligen són algues calcàries, esponges, cnidaris, briozous i tunicats. Cal destacar que, en general, aquestes espècies es caracteritzen per tenir una dinàmica poblacional lenta, amb taxes de creixement i reclutament baixes. Aquesta dinàmica està en consonància amb l'absència de grans perturbacions ambientals, que són més freqüents i intenses en els ambients més somers. Tot això confereix al coral·ligen una gran fragilitat davant les perturbacions.

Malauradament, les comunitats de coral·ligen estan patint els efectes de l'augment dels impactes derivats de l'activitat humana, com l'augment de la turbulència de l'aigua, l'eutrofització i els efectes erosius de les àncores i els arts de pesca. Actualment, a aquestes perturbacions més locals cal afegir-hi els efectes d'altres dues força importants i d'abast regional: els esdeveniments de mortalitat massiva lligats a l'escalfament de la Mediterrània i l'arribada d'espècies invasores, en els darrers temps i principalment dues espècies d'algues: *Caulerpa racemosa* i *Womersleyella setacea*. L'efecte directe i combinat d'aquestes perturbacions pot tenir conseqüències greus per a la conservació d'aquestes valuoses comunitats.

El coral·ligen és una de les comunitats més emblemàtiques i representatives de les illes Medes. El seu valor patrimonial és extraordinari gràcies a la bellesa i espectacularitat dels paisatges submarins que configura. Els milers d'escafandristes que visiten cada any les illes Medes són la prova del gran atractiu dels fons amb coral·ligen que trobem en aquest indret, que és especialment privilegiat per la seva observació.

## Els estudis sobre el coral·ligen a les illes Medes

Des de finals de la dècada de 1970 fins l'actualitat s'han realitzat nombrosos estudis científics sobre la comunitat del coral·ligen a les illes Medes. Actualment aquests estudis s'han convertit en treballs de referència per als estudiosos i gestors d'espais protegits a la Mediterrània. L'evolució del tipus d'estudis sobre aquesta comunitat a les illes Medes són un clar reflex de com ha anat canviant la recerca en el camp de l'ecologia marina tant a la Mediterrània com arreu del món. Aquesta recerca ha evolucionat des dels primers estudis descriptius a finals de la dècada de 1970 i principis de la de 1980, fins a una aproximació més quantitativa i dinàmica en les dues dècades següents, que finalment ha derivat en estudis més aviat dirigits cap a la conservació, amb l'objectiu de donar resposta a l'augment de les perturbacions que estan afectant els ecosistemes marins arreu del món.

Els primers treballs es varen centrar a determinar l'extensió d'aquesta comunitat a les illes Medes (Gili i Ros, 1985) i a fer els primers inventaris d'espècies que s'hi poden trobar. Es varen descriure al voltant de 497 espècies d'invertebrats, incloent-hi esponges, mol·luscs, hidraris i briozous entre d'altres (Ros *et al.*, 1984). Aquests estudis varen obrir la porta a una sèrie de treballs més focalitzats a estudiar la dinàmica, l'estacionalitat i el funcionament de aquestes comunitats, així com la biologia de les espècies més representatives i abundants de les comunitats del coral·ligen de les illes Medes.

Pel que fa a les comunitats, els primers estudis quantitius es varen realitzar a les dominades per la gorgònia vermella *Paramuricea clavata*. Aquests estudis varen mostrar l'elevada biomassa d'organismes presents a la comunitat (al voltant de 430 g/m<sup>2</sup>), biomassa que és dominada principalment per la gorgònia vermella, però també per altres antozous com *Leptosammia pruvoti*, *Parazoanthus axinellae*, *Cariophyllia inornata* i *Cariophyllia smithii* (Gili i Ballesteros, 1991). Més tard, es varen aplicar a l'estudi de la dinàmica del coral·ligen metodologies més complexes que combinen la fotografia i l'ecologia del paisatge, tradicionalment emprats en ecologia terrestre (Garrabou *et al.*, 2002). Aquestes noves aproximacions, que conjuminaven tècniques fotogràfiques, seguiment de parcel·les fixes i aproximacions demogràfiques (Fotografies 1 i 2), han permès demostrar quantitativament la lenta dinàmica d'aquesta comunitat, on la majoria d'espècies (tant algues com esponges i cnidaris) mostren un creixement lent i una gran persistència al llarg del temps (Garrabou, 1999; Garrabou i Ballesteros, 2000; Garrabou i Zabala, 2001; Teixidó *et al.*, 2011). Aquests estudis de seguiment temporal també ens han permès avaluar l'impacte de grans perturbacions de baixa freqüència, com el cas del temporal de Sant Esteve del 2008, d'una magnitud i intensitat que no s'havia observat en els darrers cinquanta anys. El seguiment de parcel·les fixes va permetre estimar que, en alguns punts de les illes Medes, el temporal va causar una pèrdua

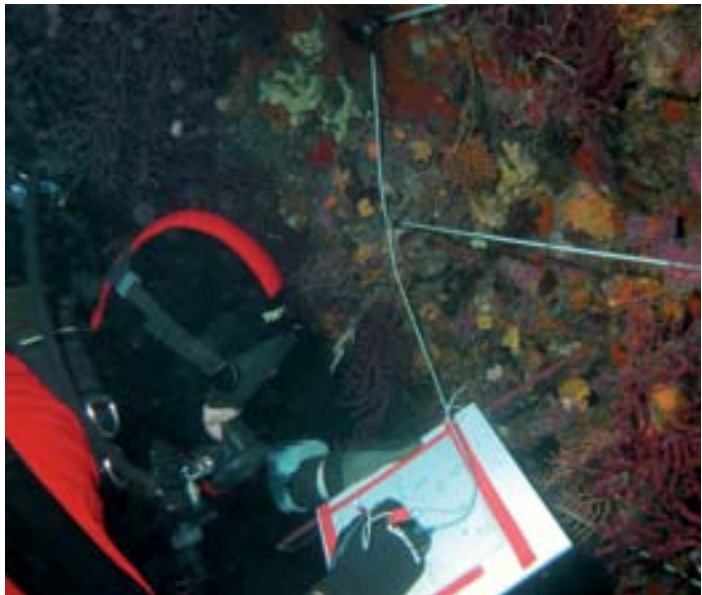


Fotografia 1. Seguiment fotogràfic del corall vermell *Corallium rubrum* (Fotografia: Bernat Hereu).

del 20-30% de la biomassa en més del 70% de les espècies bentòniques analitzades (Garcia-Rubies *et al.*, 2009).

A l'escala de les espècies, la major part dels estudis realitzats s'han centrat en cnidaris i esponges. Una de les espècies més estudiades ha estat la gorgònia vermella *Paramuricea clavata*, espècie molt abundant a les illes Medes. Gràcies a aquests treballs pioners s'ha pogut conèixer el creixement, la reproducció, l'alimentació i la dinàmica poblacional d'aquesta espècie (Coma *et al.*, 1994, 1995a, b, 1998; Ribes *et al.*, 1999a; Linares *et al.*, 2007, 2008a, b; Fotografia 3).

Pel que fa a les esponges, diferents treballs han contribuït al seu coneixement aportant dades sobre el creixement de *Crambe crambe*, *Hemimycale columella*, *Oscarella lobularis*, *Chondrosia reniformis*, *Petrosia ficiformis* i *Spirastrella cunctatrix* (Garrabou i Zabala, 2001; Teixidó *et al.*, 2011) i l'alimentació de *Dysidea avara* (Ribes *et al.*, 1999b). Altres estudis s'han ocupat del cicle de vida d'hidraris com *Orthopyxis crenata* (Llobet *et al.* 1991), *Halecium petrosum* i *H. pusillum* (Coma *et al.*, 1992). Dels alcionaris, *Parazoanthus axinellae* i *Alcyonium acaule*, se n'ha estudiat la seva dinàmica poblacional (Garrabou, 1999; Teixidó *et al.*, 2011), mentre que pel que fa als tunicats, a les Medes, entre d'altres estudis, s'ha investigat l'alimentació de l'ascidi solitari *Halocynthia papillosa* (Ribes *et al.*, 1998), com també el creixement i reproducció de l'ascidi colonial *Cystodytes dellechiajei* (López-Legentil *et al.*, 2005). També s'ha estudiat la toxicitat natural –i la variabilitat estacional d'aquesta toxicitat– de les espècies més abundants de cnidaris, briozous i tunicats (Uriz *et al.*, 1991, Martí *et al.*, 2005). Tots aquests treballs han aportat informació rellevant per entendre la dinàmica i funcionament de les espècies més representatives de la comunitat del coral·ligen a les illes Medes, i han posat de manifest el lent creixement (en molts casos de l'ordre d'uns pocs mm per any) i l'elevada longevitat (entre 50 i 100 anys de vida) de les espècies pròpies d'aquesta comunitat.



Fotografia 2. Seguiment demogràfic de la gorgònia vermella *Paramuricea clavata* en una parcel·la permanent a les illes Medes (Fotografia: David Díaz).



Fotografia 3. La gorgònia vermella *Paramuricea clavata* en reproducció a les illes Medes (Fotografia: Josep Clotas).

## El coral·ligen: una comunitat de gran fragilitat

Com hem esmentat anteriorment, la dinàmica del coral·ligen, així com la de la majoria de les espècies que la conformen, és molt lenta, congruent amb la baixa intensitat i freqüència de les pertorbacions naturals a les que està sotmesa. Tanmateix, darrerament estem assistint a un increment de la intensitat i freqüència de les pertorbacions sobre les comunitats de coral·ligen. La protecció i els diferents plans de gestió que gaudeixen les illes Medes des de l'any 1984 han permès reduir significativament les fonts de pertorbació lligades a algunes activitats humanes com la pesca i l'ancoratge, la qual cosa ha afavorit la conservació de les seves comunitats. Tanmateix, la protecció també ha fet augmentar, i molt, l'atractiu de les illes Medes, que han esdevingut una de les principals destinacions de busseig a la Mediterrània. Anualment, a les illes Medes es realitzen al voltant d'unes 70.000 immersions a l'any sobre una àrea d'unes poques hectàrees. A més, les illes Medes difícilment poden escapar als possibles efectes de pertorbacions globals, com el canvi climàtic o l'arribada d'espècies invasores. Per tant, els estudis de seguiment del coral·ligen s'han dirigit a determinar els possibles efectes de les pertorbacions que actuen localment (freqüentació per part dels escafandristes i pesca furtiva), però també d'aquelles pertorbacions que actuen a escala regional (escalfament de l'aigua).

La fragilitat i singularitat del coral·ligen, així com el seu gran valor paisatgístic i l'elevada biodiversitat, fan que aquesta comunitat sigui idònia per dur-hi a terme estudis que contribueixen a entendre alguns dels principals efectes de l'impacte humà en el litoral i el paper que les àrees marines protegides (AMP) poden tenir en l'eventual atenuació d'aquests efectes.

Tot i que desitjables, els estudis en l'àmbit de la comunitat són complexos, especialment si els comparem amb els estudis poblacionals centrats en una única espècie representativa i indicadora de la comunitat. Estudiar com evoluciona tota la biodiversitat associada a una comunitat seria el principal objectiu de qualsevol seguiment biològic tant en ecosistemes terrestres com marins. Però és evident que es tracta d'un objectiu difícilment assolible, atesa la seva gran complexitat. Això es deu bàsicament a la dificultat de determinar totes o la majoria de les espècies que conformen aquesta comunitat, especialment sota l'aigua, on hi ha una gran limitació del temps de treball. El temps i l'esforç necessaris per dur a terme un estudi d'aquest tipus és impensable en un seguiment on els requisits principals són que siguin fàcilment repetibles al llarg del temps i que puguin ser desenvolupats per un elevat nombre d'observadors.

## El seguiment biològic de les espècies indicadores d'aquesta comunitat

En aquest context, es va optar per fer el seguiment biològic de la comunitat del coral·ligen mitjançant espècies indicadores. Per això, es varen seleccionar tres espècies que per criteris de abundància, fàcil



identificació taxonòmica i repetitivitat del mostreig fossin adients per servir com a espècies indicadores. Aquestes espècies foren el briozou *Pentapora fascialis*, la gorgònia vermella *Paramuricea clavata* i el corall ver o vermell *Corallium rubrum*. Les dues primeres espècies foren seleccionades perquè, en no tenir valor comercial, són ideals per estudiar els efectes de l'abrasió no intencionada del busseig. En canvi, en el cas del corall vermell, aquests efectes poden superposar-se amb una possible recol·lecció furtiva. Així, el corall vermell ens permetia d'una banda avaluar els efectes del busseig com en els casos anteriors, però també la capacitat de recuperació d'aquesta espècie en absència de la recol·lecció. Desafortunadament, aquesta espècie també ens va permetre estudiar els efectes del furtivisme, com veurem més endavant. Finalment, l'observació de casos de mortalitat massiva d'espècies del coral·ligen l'any 1999 a les costes de Provença, relacionats amb l'escalfament de les aigües (Garrabou *et al.*, 2009), va ampliar els objectius del seguiment de les tres espècies seleccionades, afegint als objectius esmentats els possibles efectes del canvi climàtic a les illes Medes.

## El briozou *Pentapora fascialis*

Una de les espècies que va resultar un bon indicador de l'efecte erosiu dels submarinistes va ser el briozou *Pentapora fascialis*. Aquesta és una espècie comuna i molt conspícua que forma colònies erectes i cerebriformes de fins a 30 cm de diàmetre i 20 cm d'alçada en els fons somers de les illes Medes, però que pot assolir mides més grans: fins a 80 cm de diàmetre i 60 cm d'alçada en fons profunds (40-80 m de fondària).



Fotografia 4. El briozou *Pentapora fascialis*. a) Colònia en bon estat de conservació, on la intensitat de busseig és baixa. b) Aspecte d'una colònia en una localitat que té una elevada intensitat de busseig (Fotografies: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Aquesta espècie va ser estudiada durant els primers anys (entre 1991 i 1995) del seguiment biològic de les Medes, i l'estudi va furnir resultats molt concloents sobre l'impacte del busseig. Comparant diferents poblacions localitzades en llocs amb diferent intensitat de busseig, es va poder comprovar com la densitat, el diàmetre i l'alçada de les colònies era menor, i la posició de les colònies, més criptíca, en zones amb una intensitat de busseig més elevada (Sala *et al.*, 1996; Fotografies 4a i 4b). L'any 1992, la instal·lació d'una nova boia per als centres de busseig en un lloc on ja existien parcel·les de control (zona del Guix) va suposar un increment espectacular de la freqüentació (d'un centenar es va passar a unes 5.000 immersions a l'any). El seguiment dels anys posteriors a la instal·lació de la nova boia va mostrar una caiguda de la densitat de les colònies al voltant d'un 50% després de l'obertura de la zona als centres d'immersió, mentre que a les zones control on no es va donar un augment d'aquesta activitat, no es varen detectar canvis significatius (Garrabou *et al.*, 1998). L'impacte del busseig va ser més intens en els fons de blocs que en les parets, on les gorgònies ofereixen una major protecció als briozous (Garrabou *et al.*, 1998). L'efecte de les visites en immersió és, doncs, responsable d'una ràpida regressió de la població d'aquest briozou i, per extensió, de la resta de la comunitat coral·lígena, de la que *P. fascialis* va servir com a indicadora del conjunt.

## La gorgònia vermella *Paramuricea clavata*

La gorgònia vermella *Paramuricea clavata* reuneix molts dels atributs requerits per ser seleccionada com a objectiu de monitorització de la Reserva Marina de les illes Medes. En primer lloc, aquesta gorgònia és una espècie ecològicament important per als ecosistemes bentònics, als que contribueix com a espècie enginyera, ja que aporta gran part de la seva estructura tridimensional, biomassa i complexitat. Això li dona també un valor patrimonial extraordinari. En segon lloc, aquesta espècie té un valor paisatgístic gran i econòmicament explícit, ja que la seva abundància i bellesa la converteix en un dels elements més preuats pels bussejadors. Per últim, la gorgònia vermella resulta molt adequada per a la monitorització d'un espai protegit; els censos visuals, en els quals es basa, reclamen d'una banda espècies grans, abundants i representatives del sistema, i de l'altra, que tinguin prou sensibilitat a les pertorbacions com per ser-ne bones indicadores de la seva "salut" (Linares *et al.*, 2010).

El seguiment de poblacions de la gorgònia vermella dins i fora de la Reserva Marina de les illes Medes ha mostrat que la presència repetida i intensiva d'escafandristes ha introduït una nova causa de mortalitat de l'espècie, que no per involuntària resulta menys preocupant. La mortalitat induïda pels bussejadors, en general a causa dels cops d'aleta d'aquests, produeix la desaparició immediata de tota o part de la colònia, que resulta arrabassada per la fallada de l'ancoratge de la colònia al substrat. Habitualment, aquest tipus d'erosions involuntàries no són gaire importants, excepte quan la freqüència i intensitat de busseig és molt elevada, com en el cas de les illes Medes. Entre els resultats més notables obtinguts del seguiment d'aquesta espècie hi ha que la mortalitat per arrabassament va ser molt inferior fora de l'àrea marina protegida (AMP) que a les illes Medes. Tanmateix, l'obertura de noves zones de busseig per part dels centres d'immersió fora de l'AMP va suposar un augment de la mortalitat per arrabassament fins als nivells observats a les zones molt freqüentades de les illes Me-

des (com es va comprovar en el cas del briozou *Pentapora fascialis*). En general, els resultats van mostrar que els nivells de freqüentació actuals poden gairebé doblar les taxes de mortalitat de la gorgònia *P. clavata* (d'un 3% a un 7% anual; Coma *et al.*, 2004; Figura 1).

Cal preguntar-se, davant d'aquest resultat, si aquest increment de la mortalitat és rellevant per a la viabilitat de les poblacions de gorgònies vermelles a les Medes, que tenen un valor ecològic, paisatgístic i patrimonial tan elevat. Mitjançant tècniques de modelització demogràfica hem pogut donar resposta a aquesta qüestió. Aquests models ens han mostrat dos aspectes molt importants per a la gestió d'aquestes poblacions. Primer, l'augment de la taxa de mortalitat observat suposa per a les poblacions de *P. clavata* un risc d'extinció local d'ací a uns trenta anys (Linares *et al.*, 2007), i per tant la viabilitat de les poblacions a llarg termini sembla difícil. Segon, la simulació de l'augment en la supervivència de les colònies grans (i.e., >10 cm, Figura 2) mostra uns efectes positius en les poblacions estudiades. Aquesta modelització ha demostrat que la persistència de les poblacions (a la qual s'arriba quan la taxa de creixement poblacional és igual o superior a 1, mentre que valors inferiors condemnen les poblacions al declivi) es pot aconseguir amb modestos i factibles increments de la supervivència (al voltant d'un 3% i un 7% en les poblacions de Cap de Creus i Medes, respectivament; Figura 2, Linares i Doak, 2010). Les diferències observades entre les dues poblacions poden ser atribuïdes a diferents nivells d'intensitat de busseig, atès l'efecte causat pel bussejadors en la mortalitat i el fet que durant el període d'estudi es varen estimar de l'ordre de 70.000 bussejadors per any a les illes Medes, en contraposició als 30.000 bussejadors per any estimats al Cap de Creus (Zabala *et al.*, 2003).

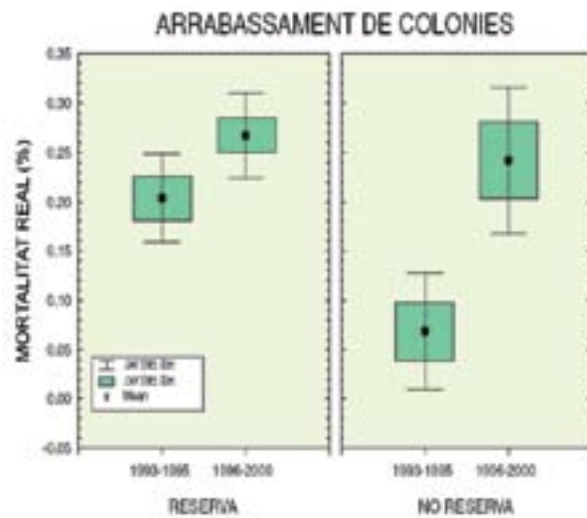


Figura 1. Taxa de mortalitat entre els períodes 1993-1995 i 1996-2000 dins i fora de la Reserva Marina de les illes Medes.

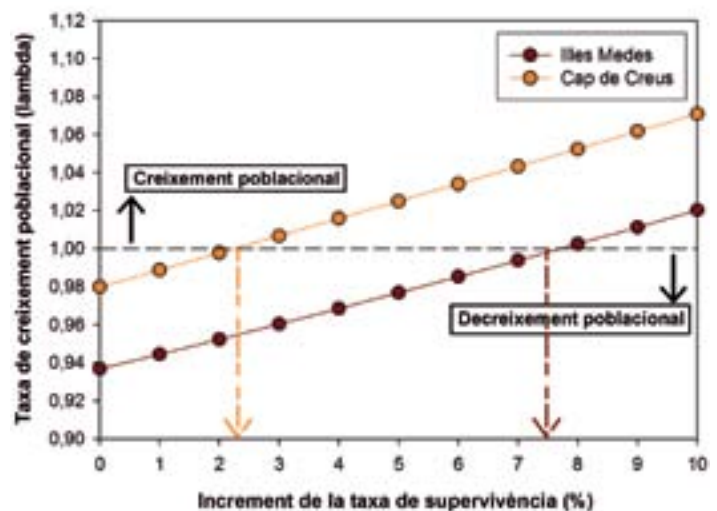


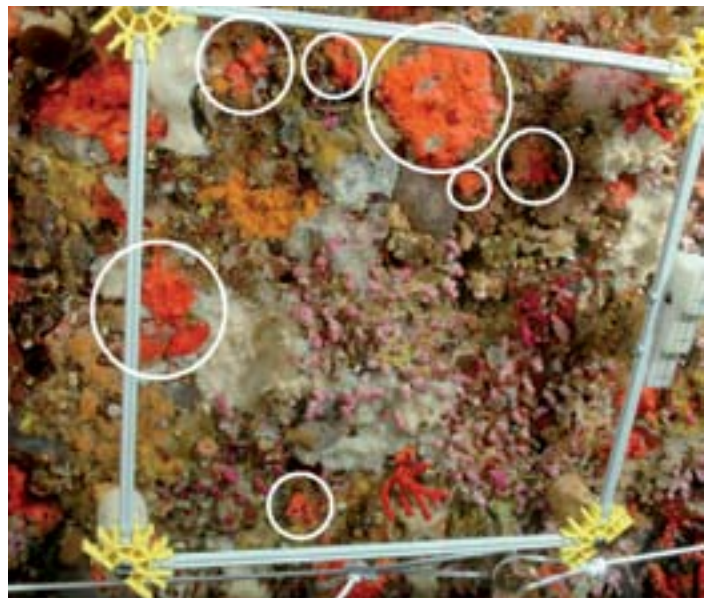
Figura 2. Modelització de l'increment de la taxa de creixement poblacional (valors >1 indiquen poblacions en augment, mentre que valors <1 indiquen poblacions en declivi) en funció de l'augment de la taxa de supervivència (anàleg a la disminució de la taxa de busseig) en dues àrees marines protegides amb diferent intensitat de busseig (illes Medes, 70.000 bussejadors/any, i Cap de Creus, 30.000 bussejadors/any).

## El corall vermell *Corallium rubrum*

El corall ver o vermell (*Corallium rubrum*) és una espècie endèmica mediterrània que es pot trobar al llarg del litoral rocós mediterrani i a les costes atlàntiques adjacents (Marchetti, 1965; Zibrowius *et al.*, 1984). Presenta un rang batimètric molt ampli, des de pocs metres (en ambients esciòfils) fins a 800 metres de fondària (Weinberg, 1978; Constantini *et al.*, 2010). Aquesta espècie té un gran valor ecològic, estètic i comercial (Santangelo i Abbiati, 2001). El seu esquelet calcari ha estat molt preuat en joieria des de l'antiguitat. La recol·lecció del corall vermell, durant centenars d'anys, es va realitzar amb arts de pesca que ocasionaven un alt impacte en el fons marí i eren de baix rendiment, com la Creu de Sant Andreu i les barres italianes (Andaloro i Cicogna, 1993). En els darrers seixanta anys s'ha recol·lectat mitjançant l'ús de l'escafandre autònom, mètode que ha resultat ser molt més eficaç i per tant més destructiu per a les poblacions de corall. Aquesta pesca intensiva ha fet que el corall, que abans presentava importants poblacions a la Mediterrània, s'hagi convertit en una espècie difícil de trobar a molts indrets. Al mateix temps, les poblacions que es troben actualment tenen una estructura de talles molt inferior a les mides legals (la talla mínima legal de recol·lecció a Catalunya és de 7 mm de diàmetre de la base).

La característica orografia submarina de les illes Medes, amb una nombrosa presència de coves, túnels i baumes, i la gran quantitat de matèria orgànica que hi ha a les seves aigües, proporcionen unes condicions úniques per al desenvolupament de poblacions de corall vermell a poca fondària, fet poc freqüent a la Mediterrània. L'interès per l'observació de les poblacions del coral·ligen per part dels escafandristes en la Reserva, juntament amb la presència de poblacions a poca fondària, ha comportat que el corall vermell tingués un valor patrimonial, afegit al valor econòmic de l'espècie.

El seguiment biològic de les poblacions de corall dins i fora l'AMP ha mostrat clarament dos fets: 1) la manca de recuperació en les mides del corall i la pèrdua de densitat en les poblacions on l'activitat del busseig és més intensa, i 2) l'impacte de la recol·lecció furtiva sobre les poblacions de corall dins la zona protegida (Fotografia 5). Per un costat, la freqüentació provoca nombrosos trenaments accidentals a causa de la fragilitat de l'esquelet calcari del corall. Aquest efecte erosiu es manifesta a través de l'anàlisi de regressió entre l'augment de la mida de les colònies a les poblacions sotmeses a diferent grau de freqüentació (Figura 3). Així, després de més de dues dècades de protecció, les poblacions més freqüentades mostren taxes de recuperació inferiors a aquelles que han estat menys visitades.



Fotografia 5. Detall d'una població de corall vermell impactada pel furtivisme il·legal, les colònies afectades estan encerclades a la fotografia (Fotografia: Joaquim Garrabou).



D'altra banda, el seguiment ens ha permès detectar episodis de furtivisme tant dins com fora de l'AMP, tot i ser el Montgrí una zona de veda de pesca. L'activitat d'uns coral·lers furtius a principis del 2000 va afectar de ple una de les parcel·les (Carall Bernat) que formen part del seguiment. La comparació dels resultats abans i després de l'acció dels furtius va mostrar el gran impacte que pot arribar a causar aquesta activitat il·legal, que va provocar unes pèrdues del 40% de les branques i del 60% de la biomassa a la localitat de Carall Bernat (Figura 4, Linares *et al.*, 2012).

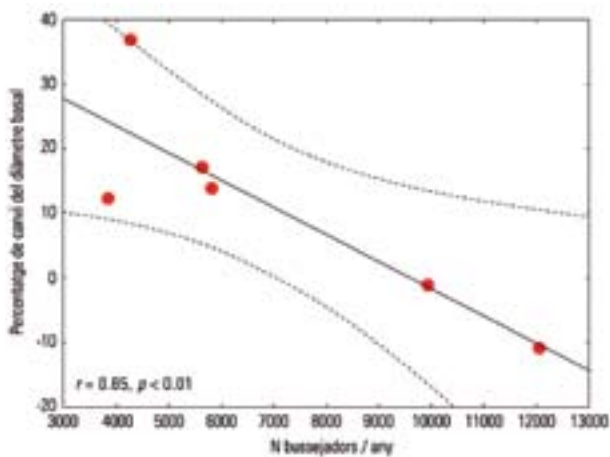


Figura 3. Percentatge de canvi del diàmetre basal de les colònies de coral (valors >0 indiquen creixement, mentre que valors <0 indiquen decreixement de la mida mitjana de les colònies) en funció del nombre de bussejadors/any.

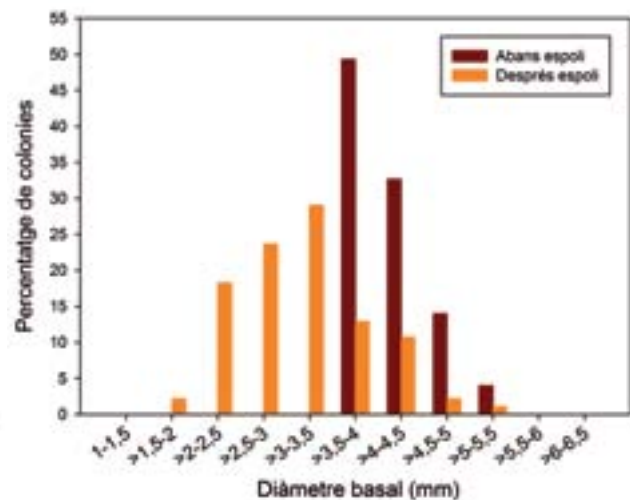


Figura 4. Estructura de la població de coral vermell a la localitat de Carall Bernat, dins l'AMP de les Medes, abans i després de ser afectada pel furtivisme.

## Lliçons apreses després de tres dècades d'estudi

El seguiment biològic de tres espècies representatives de la comunitat del coral·ligen, tot i que encara hi ha aspectes de la biologia d'aquestes espècies que desconeixem, ens ha permès aprendre diverses lliçons que poden ser de gran utilitat per a la gestió i conservació d'aquestes comunitats, tant de les illes Medes com d'altres reserves marines mediterrànies.

## Impacte del busseig

Les tres espècies estudiades han mostrat clarament un impacte derivat de l'elevada intensitat de busseig a la zona. L'increment sobtat d'aquesta activitat en alguna localitat a causa de la instal·lació d'una boia de busseig durant el programa del seguiment ha causat impactes notables, com la disminució de les mides i densitats del briozou *Pentapora fascialis*, l'augment de les taxes de mortalitat de la gorgònia vermella



*Paramuricea clavata* i la manca de recuperació en les mides de les colònies del corall vermell *Corallium rubrum*. L'elevada taxa de mortalitat d'aquesta gorgònia a les illes Medes durant el seguiment (al voltant del 7% de les colònies moren anualment en comparació amb el 3% de mortalitat natural), recolzada per la modelització del seu risc d'extinció local, ens indica que la intensitat de busseig a les Medes (70.000 immersions/any) pot comprometre la viabilitat d'aquestes poblacions. La comparació amb les taxes de mortalitat observades al Cap de Creus, més reduïdes en concordança amb una intensitat de busseig més baixa (al voltant de 30.000 immersions/any), posa de manifest que la intensitat de busseig a les illes Medes pot arribar a comprometre la conservació a mitjà i llarg termini d'aquestes poblacions, i, en conseqüència, de les comunitats que les caracteritzen.

El seguiment de les poblacions de corall vermell també mostra resultats similars. Les poblacions on hi ha una intensitat de busseig més gran (entre 10.000 i 12.000 immersions/any i localitat) han mostrat una manca de recuperació de les mides de les colònies de corall vermell, la qual cosa seria totalment esperable després de més d'una dècada de protecció. A la resta de poblacions sotmeses a una intensitat de busseig menor (entre 3.000 i 6.000 immersions/any i localitat), tot i que sí que s'ha pogut observar un cert increment de les mides de les colònies, la seva recuperació és molt lluny del que seria esperable si considerem les taxes de creixement (al voltant de 0,1 i 0,3 mm de diàmetre basal/any) observades per aquesta espècie (Marschal *et al.*, 2004; Linares *et al.*, 2010, 2012).

Sembla clar, per tant, que la intensitat de busseig de les illes Medes, una de les més altes de la Mediterrània, pot comprometre la conservació a mitjà-llarg termini de les principals espècies estructurals que formen part del coral·ligen i que són clau per a la viabilitat del conjunt de la comunitat.

## Impacte del furtivisme

A l'efecte de la freqüentació s'han d'afegir altres causes de regressió, com els casos de furtivisme que s'han detectat recurrentment a les illes Medes. El fet serendipitós, tot i que molt improbable, que un episodi de furtivisme afectés una de les poblacions objecte d'estudi, ha permès quantificar per primera vegada aquest tipus d'impacte. La pèrdua de més del 40% de les colònies té uns efectes molt importants a llarg termini. El lent creixement d'aquesta espècie, conjuntament amb les baixes taxes de reclutament observades en aquest seguiment (Linares *et al.*, 2012) i amb la important pèrdua de colònies (principalment les més grans, que tenen una contribució més important a la reproducció), fa molt difícil, per no dir improbable, la recuperació de les poblacions que pateixen aquests tipus d'impacte. Aquests resultats posen de manifest la importància de reforçar les mesures de vigilància contra l'extracció furtiva de corall, especialment durant el període d'hivern i les nits, quan les illes queden més solitàries i desprotegides.

L'efecte negatiu sobre les poblacions de gorgònies i corall ver, i del coral·ligen en general, tant de l'elevada freqüentació com del furtivisme, ha estat posat de manifest des de fa temps mitjançant el seguiment de l'àrea marina protegida de les illes Medes. Lamentablement, no s'han dut a terme per part dels seus

gestors les mesures necessàries per evitar aquests impactes, que van des d'una més gran vigilància per evitar el furtivisme fins a una reducció de la pressió de visites submarines.

## El canvi global i la necessitat de gestionar millor en l'àmbit local

Durant els darrers anys s'han produït a la Mediterrània occidental diversos esdeveniments de mortalitat en massa d'invertebrats que han afectat principalment les poblacions de gorgònies i esponges (Cerrano *et al.*, 2000; Perez *et al.*, 2000; Linares *et al.*, 2005; Coma *et al.*, 2006; Garrabou *et al.*, 2009; Fotografia 6). Aquests esdeveniments, relacionats amb l'escalfament global, han produït fins la mort del 50% de la població en moltes de les localitats afectades. Tot i que, de moment, les espècies que formen el coral·ligen de les illes Medes no han patit cap esdeveniment d'aquesta magnitud (Garrabou *et al.*, 2009), davant de l'escenari de canvi climàtic actual i predit pels experts, no seria gens estrany que el coral·ligen de les Medes es pogués veure greument afectat per aquest tipus de perturbacions en un futur proper. Tant el règim tèrmic com les característiques hidrodinàmiques de les illes Medes determinen unes condicions que semblen, per ara, ser poc favorables per al desenvolupament d'esdeveniments de mortalitat en massa com els detectats en altres localitats mediterrànies (Bensoussan *et al.*, 2010; Crisci *et al.*, 2011).



Fotografia 6. Una població de gorgònia vermella *Paramuricea clavata* greument afectada després de patir diferents anomalies tèrmiques a la Reserva Marina de les illes Columbretes (Fotografia: Diego K. Kersting).

Una altra causa de perturbació important durant els darrers anys i relacionada també amb el canvi global és la presència d'algues al·loctones invasores, *Caulerpa racemosa* i *Womersleyella setacea*, que estan afectant notablement les comunitats del coral·ligen de molts indrets de la Mediterrània. Tot i que fins ara no s'ha detectat la presència de *C. racemosa*, durant l'últim any a la costa del Montgrí i a les illes Medes ja s'ha trobat *Womersleyella setacea* en alguns fons coral·ligens. Els efectes d'aquestes espècies sobre el coral·ligen són desconeguts i s'estan estudiant actualment, però tot indica que poden tenir un gran impacte sobre les espècies estructurals del coral·ligen (Linares *et al.*, 2012; Cebrian *et al.*, en premsa).

Hom podria considerar, fatalment, que no es pot fer res per reduir els efectes d'aquestes pertorbacions a gran escala degudes a l'escalfament global. Això no és així; la simulació de l'evolució futura de les poblacions sota diferents escenaris d'intensitat de busseig ens ha permès determinar que la correcta gestió de l'activitat d'immersió permet reduir molt substancialment els efectes dels episodis de mortalitat en massa sobre les poblacions (Linares i Doak, 2010), a causa que es pot aconseguir rebaixar significativament les taxes de mortalitat per arrabassament causades per l'efecte erosiu dels bussejadors i per tant reduir la taxa de mortalitat total que pateixen les poblacions afectades. Això ens indica que la gestió dels impactes que són més assolibles en l'àmbit local, com la reducció de la intensitat de busseig i l'augment de la vigilància, pot contribuir notablement a disminuir els riscos per a la conservació del coral·ligen.

En conclusió, la recerca desenvolupada a les comunitats del coral·ligen de les illes Medes durant més de tres dècades ens ha permès comprovar que la dinàmica parsimoniosa que caracteritza aquesta comunitat li confereix una gran fragilitat. Els resultats obtinguts posen clarament de manifest la importància de prendre mesures de gestió local (e.g. regulació del busseig, augment de la vigilància per evitar el furtivisme) per tal de poder afrontar amb garanties els futurs impactes associats al canvi global.

## Agraïments

En primer lloc, volem agrair a Joandomènec Ros, Josep Maria Gili i Mikel Zabala tot el seu esforç, dedicació i ensenyaments, que han fet possible que tots aquests treballs sobre el coral·ligen siguin una realitat. Així mateix, donem gràcies al suport de tots els membres de l'equip de seguiment biològic de les illes Medes, sense el qual no hagués estat possible dur a terme aquests treballs. En Josep Maria Llenas ha estat fonamental tant per la seva ajuda en molts aspectes logístics com per la seva amistat i suport incondicional. Gràcies a en Josep Pascual per la seva imprescindible contribució al coneixement de les illes Medes i a en Josep Clotas per les seves extraordinàries fotografies, i als dos per estar disponibles a ajudar-nos en tot moment. Finalment, volem agrair a tot l'equip gestor, així com tot el personal del Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter, que hagin recolzat i facilitat els nostres estudis científics durant tot aquest temps. Els treballs realitzats dins del seguiment biològic de la Reserva Marina de les illes Medes han estat finançats pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (de 1990 a 1998) i després pel Departament de Medi Ambient (des de 1999 a 2003, 2005, 2008) de la Generalitat de Catalunya.

## Bibliografia

- Andaloro F, Cicogna F (1993) Fishing Red Coral: Problems and Management. In: Il Corallo Rosso in Mediterraneo, arte, storia e scienza. F. Cicogna i R. Cattaneo-Vietti Editors. Ministero delle Risorse Agricole, Alimentari e Forestali.
- Ballesteros E (2006) Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology* 44: 123-195.
- Bensoussan N, Romano JC, Harmelin JG, Garrabou J (2010) High resolution characterization of northwest Mediterranean coastal waters thermal regimes: to better understand responses of benthic communities to climate change. *Estuarine, coastal and Shelf Science* 87: 431-441.
- Cebrian E, Linares C, Marshall C, Garrabou J (2012) Exploring the effects of invasive algae on the persistence of Mediterranean gorgonian populations enduring climate-induced mortalities. *Biological invasions*. DOI: 10.1007/s10530-012-0261-6
- Cerrano C, Bavestrello G, Bianchi CN, Cattaneo-Vietti R, Bava S, Morganti C, Morri C, Picco P, Sara G, Schiaparelli S, Siccardi A, Sponga F (2000) A Catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters* 3: 284-293.
- Coma R, Llobet I, Zabala M, Gili JM, Hughes RG (1992) The population dynamics of *Halecium petrosum* and *Halecium pusillum* (Hydrozoa, Cnidaria), epiphytes of *Halimeda tuna* in the northwestern Mediterranean. *Scientia Marina* 56: 161-169.
- Coma R, Gili JM, Zabala M, Riera T (1994) Feeding and prey capture cycles in the aposymbiotic gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 115: 257-270.
- Coma R, Ribes M, Zabala M, Gili JM (1995a) Reproduction and cycle of gonadal development in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 117: 173-183.
- Coma R, Zabala M, Gili JM (1995b) Sexual reproductive effort in the Mediterranean gorgonian *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 117: 185-192.
- Coma R, Ribes M, Zabala M, Gili JM (1998a) Growth in a modular colonial marine invertebrate. *Estuarine Coastal Shelf Science* 47: 459-470.
- Coma R, Ribes M, Gili JM, Zabala M (1998b) An energetic approach to the study of life-history traits of two modular colonial benthic invertebrates. *Marine Ecology Progress Series* 162: 89-103.
- Coma R, Pola E, Ribes M, Zabala M (2004) Long-term assessment of the patterns of mortality of a temperate octocoral in protected and unprotected areas: a contribution to conservation and management needs. *Ecological Applications* 14: 1466-1478.

- Constantini F, Taviani M, Remia A, Pintus E, Shembri PJ, Abbiati M (2010) Live colonies of *Corallium rubrum* from the Mediterranean deep-sea: a preliminary genetic characterisation. *Marine Ecology* 31: 261–269.
- Garcia-Rubies A, Mateo MA, Hereu B, Coma R, Teixidó N, Garrabou J, Bonaviri C, Linares C, Zabala M, Cebrián E, Navarro L, Weitzmann B, Cheminée A, Plyuscheva M, Serrano E (2009) Preliminary assessment of the impact of an extreme storm on Catalan Mediterranean benthic communities. 11th Plinius Conference on Mediterranean Storms. Barcelona, Spain.
- Garrabou J (1997) Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient: a Geographical Information System (GIS) approach. PhD Thesis. University of Barcelona.
- Garrabou J, Sala E, Arcas A, Zabala M (1998) The impact of diving on rocky sublittoral communities: a case study of a bryozoan population. *Conservation Biology* 12: 302–312.
- Garrabou J (1999) Life history traits of *Alcyonium acaule* and *Parazoanthus axinellae* (Cnidaria, Anthozoa) with emphasis on growth. *Marine Ecology Progress Series* 178: 193-204.
- Garrabou J, Ballesteros E (2000) Growth of *Mesophyllum alternans* and *Lithophyllum frondosum* (Coralinacea, Rhodophyta) in the northwestern Mediterranean. *European Journal Phycology* 35: 1-10.
- Garrabou J, Ballesteros E, Zabala M (2002) Structure and dynamics of North-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Estuarine Coastal Shelf Science* 55: 493-508.
- Garrabou J, Harmelin JG (2002) A 20-year study on life-history of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology* 71: 966-978.
- Gili JM, Ros J (1984) L'estatge circalitoral de les illes Medes: el coral-ligen. In: Ros JD *et al.*, (eds) *Sistemes Naturals de les illes Medes*. *Arxius Secció Ciències* 73: 677-705.
- Gili JM, Ballesteros E (1991) Structure of cnidarian populations in Mediterranean sublittoral benthic communities as a result of adaptation to different environmental conditions. *Oecologia Aquatica* 10: 243-254.
- Linares C, Doak D, Coma R, Diaz D, Zabala M (2007) Life History and Viability of a Long-Lived Marine Invertebrate: the Octocoral *Paramuricea clavata*. *Ecology* 88: 918-928.
- Linares C, Coma R, Garrabou J, Diaz D, Zabala M (2008) Size distribution, density and disturbance In two Mediterranean gorgonians: *Paramuricea clavata* and *Eunicella singularis*. *Journal of Applied Ecology* 45: 688-699.
- Linares C, Coma R, Mariani S, Diaz D, Hereu B, Zabala M (2008) Early life history of the Mediterra-



nean gorgonian *Paramuricea clavata*: implications for population dynamics. *Invertebrate Biology* 127: 1-11.

Linares C, Doak D (2010) Forecasting the combined effects of disparate disturbances on the persistence of long-lived gorgonians: the case study of *Paramuricea clavata*. *Marine Ecology Progress Series* 402: 59–68.

Linares C, Bianchimani O, Torrents O, Marschal C, Drap P, Garrabou J (2010) Marine Protected Areas and the conservation of long-lived marine invertebrates: the Mediterranean red coral. *Marine Ecology Progress Series* 402: 69–79.

Linares C, Garrabou J, Hereu B, Diaz D, Marschal C, Sala E, Zabala M (2012) Assessing the effectiveness of marine reserves on unsustainably harvested long-lived sessile invertebrates. *Conservation Biology* 26: 88-96.

Linares C, Cebrian E, Coma R (2012) Effects of turf algae on gorgonian recruitment and juvenile survival. *Marine Ecology Progress Series*, 452: 81–88.

Llobet I, Coma R, Zabala M, Gili JM, Hughes RG (1991b) The population dynamics of *Orthopyxis crenata* (Hartlaub, 1901) (Hydrozoa, Cnidaria), an epiphyte of *Halimeda tuna* in the northwestern Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 150: 283–292.

López-Legentil S, Ruchty M, Domènech A, Turon X (2005) Life cycles and growth rates of two morphotypes of *Cystodytes* (Ascidiacea). *Marine Ecology Progress Series* 296 : 219-228

Marchetti R (1965) Recherche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. II. Il Promontorio di Portofino. *Rediconti. Istituto lombardo. Accademia di Scienze e Lettere B Scienze Biologiche e Metiche* 99: 279-316.

Marion AF (1883) Esquisse d'une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Annales Musée d'Histoire Naturelle Marseille* 1: 1-108.

Martí R, Uriz MJ, Turon X (2005) Spatial and temporal variation of natural toxicity in cnidarians, bryozoans and tunicates in Mediterranean caves. *Scientia Marina* 69: 485-492.

Marschal C, Garrabou J, Harmelin JG, Pichon M (2004) A new method for measuring growth and age in precious red coral *Corallium rubrum* (L.). *Coral Reefs* 23: 423-432.

Ribes M, Coma R, Gili JM (1998) Seasonal variation of in situ feeding rates by the temperate ascidian *Halocynthia papillosa*. *Marine Ecology Progress Series* 175: 201-213.

Ribes M, Coma R, Gili JM (1999) Heterogeneous feeding in benthic suspension feeders: the natural diet and grazing rate of the temperate gorgonian *Paramuricea clavata* (Cnidaria:Octocorallia) over a year cycle. *Marine Ecology Progress Series* 183: 125-137.

Ribes M, Coma R, Gili JM (1999) Seasonal variations of POC, DOC and the contribution of microbial communities to the live POC in a shallow near-bottom ecosystem at the northwestern Mediterranean Sea. *Journal of Plankton Research* 21: 1077-1100.

Ros J, Olivella I, Gili JM (1984) Els Sistemes naturals de les illes Medes. *Arxius de Ciències*, 73: 707-735.

Sala E, Garrabou J, Zabala M (1996) Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan *Pentapora fascialis*. *Marine Biology* 126: 451-459.

Santangelo G, Abbiati M (2001) Red coral : conservation and management of an over-exploited Mediterranean species. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems* 11: 253-259.

Teixidó N, Garrabou J, Harmelin JG (2011) Low Dynamics, High Longevity and Persistence of Sessile Structural Species Dwelling on Mediterranean Coralligenous Outcrops. *PLoS ONE* 6: e23744.

Uriz MJ, Martin D, Turon X, Ballesteros E, Hughes R, Acebal C (1991) An approach to the ecological meaning of allelopathy in Mediterranean benthic communities. *Marine Ecology Progress Series* 70: 175-188.

Weinberg S (1978) Mediterranean octocorallian communities and the abiotic environment. *Marine biology* 49: 41-57.

Zibrowius H, Monteiro-Marques V, Grasshoff M (1984) La repartition du *Corallium rubrum* dans l'Atlantique (Cnidaria: anthozoa: Gorgonaria). *Téthys* 11: 163-170.

# Els grans decàpodes de la costa del Montgrí i les illes Medes

David Díaz <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre Oceanogràfic de les Balears (COB-IEO), Palma de Mallorca



# Biologia i ecologia dels grans decàpodes (llagosta vermella, llobregant i cigala)

Els crustacis, amb més de 30.000 espècies i amb una gran diversificació de formes, són, juntament amb els peixos i els mol·luscs, un dels grups d'organismes que més importància tenen en el medi marí, ja sigui pel que fa a la biodiversitat com pels aspectes comercial i social.

Els decàpodes constitueixen un infraordre dins dels crustacis en el que s'hi troben moltes de les espècies marines més conegudes. Des de les espècies més menudes, tot i que no arriben mai a ser microscòpiques, fins als animals més grossos. Els decàpodes presenten una gran varietat de formes dins del medi marí, com correspon a la seva adaptació evolutiva als diferents hàbitats. En aquest grup pertanyen moltes de les més conegudes espècies marines amb què estem familiaritzats, des dels crancs, escamarlans i llagostins fins a les llagostes, cigales o crancs ermitans.

Una de les característiques més peculiars que presenten tots els artròpodes (i, per tant, els crustacis decàpodes) que cal entendre per poder comprendre la complexitat del seu estudi és el sistema de creixement que tenen. Com que l'esquelet (exosquelet) que els embolcalla és rígid, no poden créixer si no és alliberant-se'n, i per això els cal generar-ne un de nou en el procés de muda (ècdisi), que consisteix a produir una nova closca dessota de l'actual. Quan la closca nova, que és idèntica a l'actual, és a punt de reemplaçar la vella, aquesta s'obre habitualment entre l'abdomen i el cap (cefalotòrax), l'individu se'n desfà i la closca nova comença a inflar-se i augmenta de mida. Aquest procés és de curta durada i és essencial que es produeixi en condicions on la supervivència no es vegi afectada, ja que la closca roman tova durant un cert període de temps (dies), durant el qual l'individu pot ser una presa fàcil per als seus depredadors.

Com és de suposar, aquest procés influeix decisivament en la biologia de molts decàpodes. A més, dificulta molt els estudis demogràfics perquè, en no presentar un creixement continu, la determinació de l'edat (un paràmetre clau per a l'estudi de les poblacions) és difícil de obtenir i, per tant, la seva gestió esdevé més difícil.

El llobregant (*Homarus gammarus*), un dels grans decàpodes que podem trobar a la costa del Montgrí i les illes Medes, pertany al grup dels nefròpids i es caracteritza per tenir la closca llisa, sense espines, i pinces en els tres primers parells de potes (pereopodis), de les quals el primer parell és el més robust i el que caracteritza aquesta espècie. Les poderoses pinces del primer parell de potes les emprava per l'alimentació i defensa vers els depredadors. Els mascles també les fan servir per lluitar amb altres mascles en cas que hi hagi competència per la còpula d'una femella. La còpula té lloc just després de la muda, moment en què la closca és tova i el mascle pot inserir dins dels receptacles seminals de les femelles uns sacs amb l'esperma (espermateques). Un cop fecundats els ous, les femelles poden dur la posta gairebé un any, i d'aquests ous surten unes larves planctòniques que es dispersen nedant activament de dues setmanes a dos mesos, depenent de la zona geogràfica. Després de tres fases de creixement, aquestes larves assolixen una mida de gairebé 2 cm, i aleshores es produeix l'última metamorfosi: es transformen en postlarves que, ja amb la forma adulta, cauen i s'assenten al fons.

Tant la llagosta vermella (*Palinurus elephas*) com la cigala o esclop (*Scyllarides latus*), pertanyents a Achelata Palinurideus, presenten processos de muda, i la fase larvària és de llarga durada. El seu cicle de vida és complex. La fase de dispersió de l'espècie es duu a terme mitjançant una larva anomenada filosoma, molt característica perquè té forma aplanada i és força grossa –pot arribar fins a 5 cm de llargada. La seva vida planctònica s'inicia quan eclosionen els ous, que han estat sempre incubats per la femella, de manera que mai no trobarem ous de palinurideus en el plàncton. Després d'un període a la deriva en el plàncton oceànic, que pot arribar fins als 5 o 6 mesos o potser més en alguns casos, i després de diversos estadis en els que també es veuen obligades a mudar, les larves realitzen una última metamorfosi fins a un estadi anomenat puèrulus. Aquest estadi ja presenta una forma semblant als exemplars adults i, de manera activa, els individus s'acosten a la zona litoral i s'assenten en el fons. La fase bentònica ha començat, i amb ella tot el cicle de vida bentònic: primer té una fase anomenada postpuèrulus, seguida per un estadi juvenil i finalment l'adult. Aleshores és quan es reproduïx, i així es tanca el cicle.

En aquest capítol ens centrarem en l'estudi dels grans decàpodes que es poden trobar a la costa del Montgrí i les illes Medes. Les llagostes seran les principals protagonistes del nostre estudi, però també farem alguna petita incursió en algunes de les altres espècies que hi podem trobar, com els llobregants i les cigales. Atès que després de més de 20 anys d'observacions metòdiques no s'ha pogut observar cap cranca (*Maja squinado*) a la zona d'influència del Montgrí i les illes Medes –tot i que ens consta que fa dècades n'hi havia–, en no disposar d'informació al respecte no hi farem referència.

## Les pesqueres de grans decàpodes

Les llagostes i llobregants constitueixen, des de sempre i a tots els mars, un objectiu de pesca preferencial (Phillips i Sastry, 1980). Com a tals espècies objectiu, i més en el cas de les espècies mediterrànies, no escapen a les prediccions dels models actuals sobre la viabilitat de les pesqueres, que en vaticinen un col·lapse general en menys de 50 anys (Worm *et al.*, 2006).

Les causes d'aquest declivi són evidents:

- 1) La flota pesquera actual exerceix la seva activitat sobre els ecosistemes marins d'una manera molt més efectiva gràcies a l'avenç de la tecnologia, la qual cosa possibilita l'explotació amb més precisió espacial, en ecosistemes més profunds, en àrees més llunyanes i durant més temps (Groeneveld *et al.*, 2006);
- 2) Aquest augment de la pressió pesquera extractiva a què queden sotmeses moltes espècies pot no ser compensada amb la capacitat reproductiva ni amb la colonització de nous hàbitats (Edgar *et al.*, 2005);
- 3) Quan s'han volgut regular els abusos en l'extracció dels recursos naturals marins, els criteris dominants en les preses de decisions solen ser majoritàriament de caràcter econòmic, no biològic ni ecològic;
- 4) Quan els models de gestió pesquera realment han tingut en compte aspectes biològics, els seus criteris consideren majoritàriament la biologia de l'espècie objectiu de la pesquera (a fi d'optimitzar la seva extracció), sense contemplar el problema des d'una visió ecosistèmica.



A la Mediterrània, la llagosta constitueix un exemple claríssim d'aquesta problemàtica. Sabem per la seva explotació des de fa més de dos mil anys que era considerada una espècie molt apreciada, de tal manera que va merèixer restar plasmada en mosaics decoratius i va ser objecte d'estudis exhaustius en els textos d'història natural més antics dels quals tenim registre (Aristòtil, segle V a.C.). Com a conseqüència d'aquesta extracció sostinguda, avui dia les poblacions de llagosta de la Mediterrània estan clarament sobreexplotades i a l'Atlàntic ja no queden pesqueres dedicades a aquesta espècie. Els escassos individus que es capturen només constitueixen part ocasional de les espècies acompanyants en altres pesqueres (Goñi i Latrouite, 2005). Les pesqueres de llagosta supervivents a la Mediterrània són les artesanals que tenen lloc en illes, arxipèlags i a les costes del nord del continent africà, que no han patit els efectes d'una pesca industrial tan intensa com la majoria de les costes mediterrànies europees (Groeneveld *et al.*, 2006).

La pesca tradicional de la llagosta a les nostres costes ha estat objecte de nombroses regulacions que, tradicionalment, es basen en la limitació de la talla de primera captura (mida de malla de les xarxes; talla mínima legal) i de l'esforç pesquer (vedes, dies que romanen els arts a l'aigua, longitud i nombre d'arts; Quetglas *et al.*, 2004). Però, sense ignorar el paper que hagi jugat la desídia en la seva posada en pràctica, a la vista dels resultats és forçós concloure que aquestes normatives, basades en l'optimització de les captures i en pocs casos adaptades a la conservació de les poblacions explotades, han fracassat en el seu intent de fer que les pesqueres fossin sostenibles i han comportat la desaparició de la pesca de llagosta vermella a moltes regions (Hunter, 1999). Un símptoma inequívoc del declivi de les poblacions ha estat la contínua evolució dels arts de pesca utilitzats en aquesta pesquera, de manera que en els últims 50 anys s'ha passat d'un sistema d'explotació mitjançant nanses a l'ús de tremalls (Goñi *et al.*, 2003), així com a la utilització de nous materials com les xarxes de multifilament, les quals faciliten la captura d'aquesta espècie en fons complexos i d'elevada rugositat.

La zona del massís del Montgrí ha estat una àrea de pesca en què tradicionalment hi feien feina les embarcacions de l'Escala i de l'Estartit. La zona, d'origen càrstic, ofereix un hàbitat òptim per a les poblacions de llagosta vermella, llobregants i molts altres decàpodes, de manera que els pescadors sempre l'han considerada una zona en la qual es podien obtenir bons rendiments. Com a totes les costes de la Mediterrània, aquests rendiments també han minvat, i actualment la pesca de la llagosta s'ha convertit en ocasional. En tot cas, les poques captures dirigides a l'espècie tenen lloc a zones molt enfora de la mateixa costa, ja sigui en el rec de Begur, ja sigui unes quantes milles fora de la reserva marina, en roques isolades on la pesca de ròssec no és possible i on alguns pescadors més agosarats i coneixedors del fons marí poden calar-hi els tremalls llagosters.

Des de fa dècades, el llobregant ha estat una espècie complementària de la pesca artesanal amb nanses de llagostes, i actualment també es pesca amb tremall de llagosta, però la poca incidència de l'espècie en la captura fa que sigui anecdòtica. A més, el caràcter solitari i l'elevada fidelitat a un refugi que presenten els exemplars adults dificulta encara més la seva captura. Aquesta característica, no obstant això, facilita el seu estudi mitjançant immersió.

La cigala és un dels grans decàpodes del que menys coneixem el seu cicle biològic, i no ens referim a la fase de dispersió, que sol ser la menys coneguda de totes les espècies, sinó a seva la fase bentònica. Aquesta espècie es pescava típicament amb nanses, molt més ocasionalment que el llobregant, però el

seu declivi arreu del Mediterrani ha estat atribuït a la pesca il·legal per part de capbussadors en apnea (FAO, 1991). Els furtius capturen les immòbils cigales a poca fondària (< 15m) durant els mesos en què es produeix la còpula (maig-juny) en llocs estratègics, sobretot entrades de coves somes, on es poden arribar a acumular desenes d'exemplars per reproduir-se (Reñones *et al.*, 2010). A les illes Medes, en els mostreigs fets els anys 1972-1974 (Ros *et al.*, 1984) i 1976-1978 (Carbonell, 1982) no es va detectar cap exemplar de cigala, essent l'únic dels grans decàpodes que no es va citar en l'extensa llista de més de 58 espècies de decàpodes. No va ser fins a 30 anys després que es van observar exemplars en mostreigs rutinaris realitzats a les coves de la Meda Petita. Actualment es captura algun exemplar de cigala amb tremalls de llagosta durant l'estiu, a fondàries entre 30 i 60 metres, però no es coneix res de la dinàmica poblacional anual ni del seu hàbitat durant els mesos d'hivern, ja que desapareix de les zones somes en què té lloc la reproducció i on es poden observar amb escafandre autònom.

A la llista de decàpodes observats o censats a les Medes que cita Josep Carbonell (Ros *et al.*, 1984), apareix la cranca (*Maja squinado*), però en els censos realitzats des de l'any 1992 a les illes Medes i la costa del Montgrí no se n'ha observat cap exemplar. Tampoc no es té constància de cap captura regular de l'espècie en els últims vint anys a la Costa Brava, tant sols es coneixen captures molt esporàdiques d'algun individu. A la zona del Montgrí i les illes Medes només es té constància de la captura d'un exemplar femella l'estiu de l'any 2012.

## Evolució dels decàpodes a la reserva de les illes Medes i zona no protegida del Montgrí

### Les illes Medes

Abordarem ara la situació en què es troben les zones que s'han estudiat i la influència del règim de protecció de la reserva de les illes Medes en la dinàmica de les poblacions dels grans decàpodes.

En el marc dels primers estudis de seguiment de la reserva, la llagosta vermella ja va ser seleccionada com a descriptor de l'evolució de l'estat de la reserva marina. No va ser fins el 1992 que s'iniciaren els primers mostreigs, i amb posterioritat els censos es van ampliar a la zona del Montgrí i s'hi van incloure llobregants i cigales.

La llagosta té una distribució de contagi extremadament marcada i fidel a roques o indrets que podríem anomenar "zones llagosteres"; fora d'aquests indrets, la probabilitat de trobar llagostes és molt reduïda. Responent a aquestes circumstàncies, des de 1994 es varen seleccionar 10 transsectes dins les illes Medes i 4 a la zona de la costa. Mitjançant escafandre autònom es van pentinar aquests recorreguts fixos cada any, i des d'aleshores hem pogut observar l'evolució de les poblacions de llagostes en dos escenaris diferents pel que fa a la protecció. A cada transsecte s'han comptat tots els individus, anotant la mida (LC: longitud cefalotoràcica) ordenada en 4 classes de talla (T) discretes (T1<60 mm LC; 60<T2>80; 80<T3>120; 120<T4>160 mm) i

la fondària (rang entre -10m i -50 m), així com els llobregants i les cigales.

L'any 1998 es van diferenciar dins de la primera classe les talles de <60 mm LC (Fotografia 4), la classe dels postpuèrulus, que representa els individus que s'han assentat durant el mateix any (longitud màxima: 25 mm LC).

Sens dubte, la descoberta de la fase d'assentament de la llagosta vermella i la seva avaluació anual ha estat clau per entendre la dinàmica de l'espècie i el paper de la reserva marina (Díaz *et al.*, 2001) (Fotografia 2). Paradoxalment, fins l'any 1998 es desconeixia la dinàmica de les fases juvenils de la llagosta, i és ben conegut que la dinàmica de qualsevol població està influïda en gran manera per la dinàmica del seu reclutament. Aquest coneixement ha facilitat de manera clau la interpretació del declivi de llagostes a les illes Medes, ja que aquesta subdivisió de la classe de talla T1 permet obtenir informació del procés de assentament anual per aquesta espècie.

En general, hom accepta que l'exclusió de la mortalitat per pesca en una àrea determinada és el principal agent en la recuperació de les poblacions. Per a la majoria de les espècies, els efectes de la protecció són positius, i arreu del món trobem molts casos on les abundàncies de llagostes es veuen afavorides per l'efecte de protecció de la reserva marina (Goñi *et al.* 2001; Babcock *et al.* 1999). No obstant això, també trobem casos en què els efectes no són tan clars (Hunt *et al.* 1991; MacDiarmid i Breen 1993).

A les illes Medes, l'any 1992 es van censar un total de 45 individus, i el màxim es va assolir l'any 1994 amb 159 exemplars. Però des d'aleshores el declivi ha estat constant, fins a obtenir uns valors mínims de 8 indi-



Fotografia 1. Llagostes juvenils de 1 any d'edat en una petita escletxa a 39 metres de fondària en el Puig de la Sardina (Costa del Montgrí). (Fotografia: David Díaz).



Fotografia 2. Postpuèrulus de llagosta amb el color típic d'aquesta fase, una franja clara al dors de l'abdomen i taques blanques al cefalotòrax (Fotografia: David Díaz).



Fotografia 3. Mascle de llagosta amb força incrustacions que ens indiquen que la muda es realitzarà en breu (Fotografia: David Díaz).

vidus l'any 2011 (Fotografia 3). L'evolució de la biomassa segueix la mateixa tendència i no s'observa una retenció d'individus adults de gran talla que, en tot cas, podria mantenir una biomassa constant independentment del reclutament anual (Figura 1).

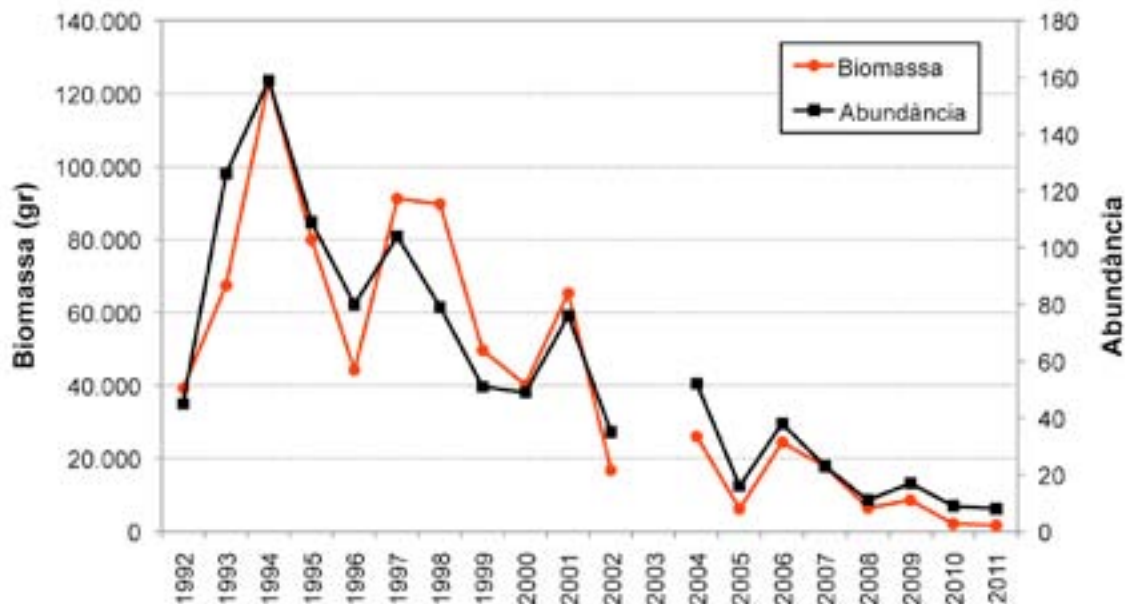


Figura 1. Evolució temporal de la Biomassa (g) i abundància de les llagostes censades a la Reserva Marina de les illes Medes en els darrers 20 anys (1992 -2011). La sèrie només es va interrompre durant l'any 2003.

La distribució de contagi que tenen les llagostes, tot i que només comparteixen refugi en la fase juvenil del seu cicle vital, va dirigir la selecció de les localitats l'any 1992. La repetició dels mateixos transsectes ens indica la condició de zones com a hàbitat adequat per a llagostes. Així, d'acord amb la tendència negativa de l'evolució a quasi totes les zones de les Medes, hem pogut observar que l'illot del Carall Bernat, on la rugositat i la fondària podrien suposar a priori bones característiques per trobar llagostes adultes, ha esdevingut una zona poc adient per al reclutament, ja que, a excepció dels primers anys, mai més s'han trobat llagostes.

S'ha observat que en altres zones com el Montnegre, la Serra Ventosa o el Medallot, l'efecte de la reserva s'ha fet evident. Són zones que eren considerades tradicionalment com un bon hàbitat per a llagostes i, efectivament, així ho feien palès els censos dels primers anys. No obstant això, en l'última dècada els censos mostren valors molt propers a zero o zero, com en el cas del Montnegre.

Totes aquestes zones es troben en una fondària d'entre 25 i 40 m, tenen una elevada rugositat amb concrecions biogèniques i un coral·ligen estructurat, amb la qual cosa ofereixen un refugi idoni per als exemplars a partir d'un any d'edat (35-40 mm LC). No obstant això, l'assentament es produeix a zones més somes (10-15 m), on al cap d'un any inicien un canvi ontogènic cap a zones més profundes. Aquest hàbitat de transició durant la fase juvenil es troba ben representat a les Medes, a qualsevol de les tres zones. La causa d'aquest declivi generalitzat l'hem de buscar en l'elevada pressió de depredació sobre les mides juvenils de llagosta per part dels peixos, molt més abundants en una reserva marina que en una zona pescada. Aquest és el factor principal del declivi de les poblacions de grans decàpodes a tota la reserva (Díaz *et al.*, 2005).



Els túnels i coves de les illes Medes són actualment l'últim reducte en què podem trobar grans decàpodes: llagostes, cigales i llobregants, malgrat que als grans túnels de la Meda Petita (Túnel llarg i Túnel del dofí) és pràcticament impossible trobar cap llagosta adulta des de fa 12 anys, i la totalitat de llagostes que s'observen són juvenils. El mateix ha passat a la Serra Ventosa i a la Roca del Montnegre: en ambdues zones es creu que la depredació és la principal causa de l'absència de llagostes.



Fotografia 4. Refugi a l'entrada d'una cova d'un juvenil solitari de llagosta (Fotografia: David Díaz).

A més, hem de tenir en compte que en els túnels de la Meda Petita, la freqüentació de submarinistes és diversos ordres de magnitud superior a la que hi ha en el Montnegre i la Serra Ventosa, i això pot afectar negativament l'abundància de llagostes. En general hom accepta, que hi ha una certa relació directa entre el nombre de visitants (escafandristes) i la densitat de depredadors (Milazzo, 2011). Aquest efecte sumatori no resulta positiu per a les llagostes no perquè hi hagi activitat furtiva, sinó perquè l'interès dels escafandristes a manipular i fotografiar un exemplar de llagosta –la qual cosa requereix certa intervenció per part de l'observador– provoca malestar en els individus, de manera que defugen aquests indrets. Això s'ha pogut constatar en l'elevat percentatge d'antenes trencades que tenen les llagostes a zones molt freqüentades. A més, s'ha d'afegir el fet que l'elevat nombre de capbussadors, com hem dit, augmenta l'abundància de peixos, és a dir, de depredadors potencials.

Si afirmem que els túnels i coves són els últims llocs on hi ha grans decàpodes, però veiem que a les cavitats més importants que es troben a les Medes fa més de una dècada que no hi ha llagostes, quines son aquestes zones? Hem de buscar la resposta en un factor físic clau com es la fondària, on les llagostes es refugien dels submarinistes. Aquesta estratègia fugitiva fa que en petits reductes com les coves de la Pota de Llop, a més de 50 m de profunditat, i llur continuació fins la capçalera de la Roca del Montgrí o el final del túnel de la Barda del Sastre (56 m), encara es poden observar exemplars adults de llagosta, així com algun llobregant. Però la seva presència no ens indica un benestar de les poblacions, ans al contrari, ja que de manera natural hauríem de trobar-ne a zones més somes.

No obstant això, també en aquestes zones s'ha observat una disminució. La més sorprenent ha estat en el túnel de la Barda del Sastre, on actualment es palesa una disminució del nombre de llagostes, a la vegada que, per efecte de la protecció (vegeu capítol sobre peixos), augmenta la densitat de grans neros (potencials depredadors) dins la cova.

L'última de les zones típicament llagosteres és el Medellot, tot i que pateix fluctuacions interanuals força importants pel que fa a la densitat de llagostes. Zona de refugis estructuralment complexos i probablement nexa d'unió entre la costa del Montgrí i les Illes, el Medellot i les roques del mas Ferrer han estat des de l'inici del seguiment un lloc on s'han trobat força exemplars de llagosta, això sí,



de mides mitjanes. Actualment aquesta zona, en comparació amb temps passats, és molt erma, i les dades ens indiquen que és el lloc on la davallada ha estat més acusada.

També es coneixen d'altres llocs on la probabilitat de trobar llagostes és alta. En fondària i enfora de la mateixa línia de costa de les Medes, és possible trobar pedres aïllades o algun tombant on hi hagi alguna llagosta, com la Roca Retxa o el final de la Barra dels Tascons. Però a causa de la seva inaccessibilitat, aquestes zones han estat poc visitades i pràcticament no en tenim informació.

Seguint la mateixa tendència, els llobregants mostren una presència residual a les illes Medes. L'elevat grau de fidelitat de l'espècie a un refugi fa que sigui molt habitual per a molts aficionats visitar els mateixos indrets, però cada cop amb més freqüència s'observa que els refugis romanen buits. Els exemplars juvenils són molt escadussers en els nostres censos i tan sols es poden observar exemplars adults. Refugis profunds a més de 50 m. entre la Pedra de Déu i la Punta de la Ferral són els llocs on podem trobar algun exemplar, tot i que en cap dels censos habituals mai s'han superat els 8 exemplars per a tots els mostreigs i a totes les zones.

En contraposició al declivi generalitzat de les poblacions de llagostes i llobregants, l'evolució de les poblacions de cigales ens ha de sorprendre (Fotografia 5). Aquesta espècie no va ser considerada mai com una espècie indicadora en el seguiment de les Medes, però l'any 2002 es van començar a detectar individus en els túnels i coves de la Meda Petita. Posteriorment, també s'han detectat en les coves del Mal Pas, on el nombre d'individus no ha superat mai la desena, tot i que és probable que en els mateixos indrets es puguin localitzar més individus. L'hàbitat òptim d'aquesta espècie és força desconegut, encara que se solen localitzar en forats i cavitats propers al sostre de túnels, coves i balmes. Aquesta característica redueix sensiblement la mortalitat per depredació per part dels peixos, però la seva limitada mobilitat fa que siguin susceptibles a la pesca furtiva per part de l'home. A la facilitat per ser capturades se li ha d'afegir el comportament gregari que mostren a l'inici de l'estiu, així com la fidelitat a un lloc determinat. Aquestes característiques poden explicar el seu declivi generalitzat. En aquest cas, pensem que les reserves marines han afavorit la seva reaparició, i les illes Medes han estat un exemple d'aquest procés lent de recuperació.



Fotografia 5. Durant l'època de reproducció (maig-juny) es freqüent trobar les cigales fora del refugi habitual que són les coves més fosques (Fotografia: David Díaz).

## La costa del Montgrí

Després d'una avaluació exhaustiva a moltes localitats i durant més de 10 anys, es va comprovar que l'assentament postpuèrulus de llagosta a la costa del Montgrí, amb unes densitats relatives molt elevades, són singulars. Aquest descobriment ha fet que el Montgrí es pugui considerar la millor zona col·lectora de larves de llagosta de la conca del mar Catalano-Balear. Les raons poden ser complexes (aïllament geològic, naturalesa calcària de la roca, hidrografia adequada...) i no del tot conegudes. El que sí sembla clar és que, tot i la forta pressió de pesca, la mortalitat per depredació sobre els postpuèrulus és molt baixa. D'aquesta manera, un elevat percentatge de postpuèrulus arriben a la mida de juvenils (60-70 mm LC) als 2 o 3 anys d'edat, i hom pot observar el canvi ontogènic d'hàbitat i el seu comportament d'agregació en un sol refugi, fet que només es dona en aquesta fase del cicle vital. Així, és possible trobar algunes zones d'acumulació a la costa del Montgrí (Fotografia1).

Una de les principals característiques d'aquest èxit es troba en la naturalesa càrstica, del massís, la qual cosa permet que hi hagi un gran nombre de dàtils de mar (*Lithophaga lithophaga*). Aquest mol·lusc perforant exclusiu de roca calcària, en morir o ser depredat per estrelles de mar o algun pop deixa uns forats excavats a les parets i blocs que esdevenen el refugi ideal per als postpuèrulus de llagosta. Al cap d'un any deixen aquests refugis i s'acumulen en lloses o parets, a vegades fins i tot compartint el mateix refugi. Això fa que existeixin punts de gran agregació d'exemplars juvenils que s'han detectat i s'han censat durant més de 10 anys. Les roques enfora de la punta de la Trona, les lloses del Falaguer o el Puig de la Sardina serien els "punts calents" d'acumulació de juvenils. Cal tenir en compte que, a causa de l'extensió del Montgrí i les limitacions logístiques que comporta el mostreig *in situ* amb escafandre autònom, les àrees d'estudi no han arribat més enllà del Cap Castell, essent l'inici geogràfic del seguiment la zona del Molinet. És ben segur que més enllà també s'hi poden trobar d'altres punts calents com els esmentats.

A causa del descobriment del reclutament i la possibilitat d'estudiar-lo, s'ha analitzat la relació entre la biomassa de juvenils amb el nombre de larves que arriben cada any, i efectivament hi ha una correlació important que indica que les fluctuacions anuals que pateixen aquestes zones d'acumulació són degudes a l'arribada anual de postpuèrulus. Al cap d'uns quatre anys després de l'arribada de postpuèrulus, s'haurien de trobar exemplars adults, però això no es compleix. Tot i que potser al Montgrí no trobem una fondària òptima per a la vida adulta de les llagostes (60-80 m), sí que hi ha prou hàbitats idonis i un hàbitat de transició molt proper a les illes Medes. Encara que potser ens trobem davant d'un sistema ecològic quasi perfecte per poder establir una població regular de llagostes, la indiscriminada captura i comercialització d'exemplars juvenils al Montgrí fa que no s'arribi mai a comprovar la transferència d'exemplars des de la costa del Montgrí fins a les illes Medes.

L'assentament anual atenua el declivi generalitzat de llagostes a la zona del Montgrí, i les tendències creixents que s'observen a les zones de la reserva parcial són fruit de l'artefacte de l'assentament anual i la localització dels punts de concentració de juvenils al llarg dels anys de seguiment. Des de fa 8 anys seguim les llagostes del Puig de la Sardina i hem pogut constatar les densitats més elevades de totes les zones que hem mostrejat, arribant a contar més de 70 exemplars en unes petites parets de no més de 40 metres de llarg. No obstant això, la tendència de la costa, sense tenir en compte la localitat del Puig de la Sardina, mostra un declivi generalitzat, a l'igual que les illes Medes.

Havent explicat aquestes condicions singulars que presenta la dinàmica de les llagostes al Montgrí, ens queda per conèixer l'estat de les poblacions de llobregants i cigales. Els primers són molt escassos i difícils d'observar, i s'han detectat pocs exemplars únicament en petits refugis a les lloses enfora de la Punta Salines, a quasi 40 m de fondària, o a les parts més profundes i allunyades del Puig de la Sardina, així com enfora l'illot de la Pedrosa. Hom creu que la pressió pesquera ha impactat de manera extraordinària sobre aquesta espècie, fent que la seva recuperació sigui molt complexa.

Per contra, i igual que va succeir a les illes Medes, podríem dir que les cigales han reaparegut a la costa del Montgrí. Tot i que les causes que apuntem per al declivi dels llobregants puguin afectar de la mateixa manera les cigales, el seu hàbitat molt més especial fa que es puguin tornar a observar en alguna cova de les moltes que es troben en el Massís. També hem de dir que l'observació d'exemplars ha estat de manera més tímida que a les Medes, i que on s'han pogut observar, després de molts d'anys, ha estat en la reserva parcial, entre la Punta Salines i el Molinet.

## Perspectiva de futur de la població de grans decàpodes

Si fem una avaluació global dels resultats obtinguts durant tots aquest anys a les illes Medes en relació als grans decàpodes, evidentment hauríem d'assenyalar que per aquestes espècies la reserva no ha tingut el resultat que hom espera quan es protegeix un espai marí. Les raons són diverses i no hi ha una causa concreta, sinó moltes, que convergeixen i que poden ser interpretades amb certesa gràcies a l'estudi continuat durant molts anys.

### **La depredació**

La minimització de la mortalitat per pesca quan es crea una reserva marina reestructura tota la cadena tròfica, pel fet d'alterar les relacions entre els nodus que la constitueixen. La pressió per depredació sobre les llagostes l'encapçalen els peixos, i aquests resulten afavorits per la reducció de la mortalitat per pesca en trobar-se en una reserva marina. Això no vol dir que les llagostes i llobregants no tinguin cabuda en el sistema natural de les illes Medes, sinó que en aquest cas hem vist que no són les espècies més afavorides i a causa d'això, el seu hàbitat s'ha vist limitat. D'altra banda, hem vist que les cigales sí que han estat afavorides per aquesta protecció, de manera que no sempre tots els grans decàpodes són perjudicats. Hom ja ha apuntat algunes de les causes que dirigeixen la dinàmica de les poblacions a la zona protegida. Val a dir que, tot i que l'efecte de la depredació per part de peixos que pateixen les fases primerenques de les llagostes en assentar-se és un factor comú a totes les zones (reseva - no reserva). L'elevada efectivitat de depredació que es dona a la reserva marina per la major abundància de peixos fa que aquest factor sigui determinant per a la dinàmica de l'espècie, però no en tots els espais protegits té lloc aquest efecte sobre la dinàmica de les poblacions.

Un dels exemples més propers i millor estudiats són les illes Columbretes, on la població de llagostes és molt abundant i creixent pel que fa a biomassa, i on també hi trobem una forta depredació per part dels peixos. No obstant això, en aquest cas l'hàbitat viable per a les llagostes és diversos ordres de magnitud

superior que a les illes Medes i, per tant, l'efectivitat de la depredació es dilueix.

D'altra banda, la mida de l'espai protegit s'ha d'adaptar a la mobilitat ontogènica de l'espècie. A les illes Medes, les poques llagostes o llobregants que hi ha tenen una àrea de protecció no superior als 200 m en perpendicular a la línia de costa de la reserva, espai del tot insuficient per oferir la protecció dels individus, ja que un exemplar de llagosta té una àrea habitual de campeig de gairebé 1,5 km. Així, la pesca constant que es produeix en els límits de la reserva fa que la possibilitat que un exemplar sigui capturat és molt elevada. A més, suposant que durant els primers quatre anys de vida hagi pogut evitar l'elevada depredació que pateix la fase d'assentament a la reserva i els possibles atacs que diàriament pot patir en sortir del refugi per alimentar-se durant la nit, la possibilitat de no arribar a la mida adulta (4 anys de vida) en un espai tant reduït com les illes Medes és molt elevada. Per arribar a adulta, una llagosta ha de recórrer una carrera vital impossible.

## La pesca

L'efectivitat dels arts de pesca per capturar les llagostes ha estat notablement incrementada en les darreres dècades amb la introducció dels tremalls. Avui dia, i en condicions excepcionals, amb una nansa només pescaríem un terç del que captura una xarxa. L'ús de la xarxa ha possibilitat seguir capturant llagostes amb rendiments acceptables i amb l'afegit de completar la captura amb peixos d'elevat valor comercial (cap-roig, gall, rap, entre d'altres). Però també ha fet augmentar la mortalitat de les mides de llagosta més petites. El fet d'emprar una llum petita de malla permet capturar llagostes a partir dels dos anys d'edat, fet que perjudica enormement la viabilitat de les poblacions. A més, moltes vegades el sistema de corrons per llevar la xarxa en embarcacions artesanals fa que les aixafin, de manera que ni tan sols es poden retornar a la mar. A més, l'interès comercial que té l'espècie fa que sigui possible comercialitzar individus de qualsevol tipus de mida, de forma que qualsevol llagosta pot oferir un benefici net al pescador, encara que no sempre a l'empar de la llei.

Què representa la pesca de llagosta a la zona del Montgrí i a l'entorn de les Medes? Doncs pràcticament res. Pocs són els quilograms de llagosta que es descarreguen de les embarcacions que fan feina per la zona, i menys encara si hom té en compte que cal complir una mida legal que des de l'any 2007 és de 90 mm de longitud de cefalotòrax. Actualment no hi ha cap embarcació de pesca artesanal que tingui en la pesca de la llagosta el seu principal mode de vida. Això, juntament amb l'extraordinària capacitat d'assentament que presenta la llagosta a la costa del Montgrí, ens duu a pensar que, si cal fer una passa endavant per a la conservació de l'espècie, aquesta hauria de ser iniciada a la costa del Montgrí. Una moratòria de pesca de llagosta a la costa que inclogués anys d'assentament efectiu, de ben segur que es reflectiria en un millor estat de salut de les poblacions de llagostes a la costa, i potser seria possible un influx d'aquestes cap a les parts més profundes i arrecerades de les illes Medes.

## Algunes recomanacions com a cloenda

La finalitat primera per a la conservació de la llagosta a la costa del Montgrí i les illes Medes és evitar la captura de les llagostes juvenils a la costa del Montgrí. Cal tenir en compte que ens trobem en un marc

ideal per a la conservació, amb una àrea que ofereix amb garanties dos dels pilars per a que una població es pugui recuperar: a) l'arribada anual de larves, i b) un hàbitat òptim per al desenvolupament de l'espècie en totes les fases vitals del seu cicle.

Tot això es podria resoldre tan sols respectant la normativa actual que regeix la pesca d'aquesta espècie. Un cop s'acomplís la normativa, es podria posar en funcionament un pla especial per a la recuperació de la pesca de la llagosta amb la finalitat de mantenir poblacions adultes efectives, en el sentit que no tan sols ens trobéssim davant d'una zona d'embornal de larves, sinó que també en fos una font.

Pel que fa als llobregants i les cigales, en ser espècies amb una capacitat de recuperació no tan evident, i a causa que desconeixem gran part de la seva dinàmica, el principi de precaució seria l'aposta més coherent, tenint en compte les abundàncies tan baixes que presenten. Per tant, prohibir totalment la seva captura a les àrees permeses i limitar l'accés a les coves de l'àrea protegida en què s'han recuperat les cigales serien les mesures més prudentes que hom hauria d'aplicar.

## Agraïments

Els resultats d'aquest capítol han estat fruit de moltes observacions de caire naturalista que després es van convertir en un seguiment científic, essent la més llarga documentació de l'evolució de la llagosta vermella en una reserva marina a la Mediterrània. L'esforç que ha estat dur a terme en un projecte com aquest no hagués estat possible si amics com en Mikel Zabala no haguessin confiat en aquest projecte. El paper més important en tota aquesta aventura l'ha tingut en Marc Marí, que fou qui va iniciar amb molta estima tot aquest seguiment i, juntament amb en Jaume Forcada, van començar a seguir l'efecte del cessament de la pesca a les Illes Medes sobre la població de llagostes. Molts dels coneixements biològics i ecològics sobre els grans decàpodes els han aportat en Pere Abelló, en Montserrat Demestre i en Raquel Goñi. El coneixement dels racons submergits més amagats i espectaculars del Montgrí i les Illes Medes on encara romanen llagostes, ha fet possible aquest treball, i ens els han regalat en Josep Maria Llenas i en Josep Clotas.

L'equip gestor i tot el personal del Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter, han suposat un puntal cabdal en els estudis científics durant tot aquest temps. Aquest treball s'ha realitzat dins del seguiment biològic de la Reserva Marina de les illes Medes i ha estat finançat en diversos aspectes pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (de 1990 a 1998), pel Departament de Medi Ambient (des de 1999 a 2003, 2005, 2008) de la Generalitat de Catalunya i finalment per la Secretaria General del Mar (2009-2012).

A tots ells i a molts d'altres volem agrair incondicionalment que hagin fet possible aquest treball.



## Bibliografía

- Babcock RC, Kelly S, Shears NT, Walker JW, Willis TJ (1999) Changes in community structure in temperate marine reserves. *Marine Ecology Progress Series* 189: 125–34.
- Carbonell J (1982) Crustáceos de las islas Medes. Act. Ier Simp. Ibér. Est. Bentos Marino. San Sebastián.
- Díaz D, Mari M, Abelló P, Demestre M (2001) Settlement and juvenile habitat of the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Crustacea : Decapoda : Palinuridae) in the western Mediterranean Sea. *Scientia Marina* 65: 347–356.
- Díaz D, Zabala M, Linares C, Hereu B, Abelló P (2005) Increase predation of juvenile European spiny lobster (*Palinurus elephas*) in a marine protected area. *New Zealand Journal of Marine Freshwater Research* 39: 447–453.
- Edgar GJ, Samson CR, Barrett NS (2005) Species Extinction in the Marine Environment: Tasmania as a Regional Example of Overlooked Losses in Biodiversity. *Conservation Biology* 19: 1294–1300.
- Goñi R, Quetglas A, Reñones O (2003) Differential catchability of male and female European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) in traps and trammelnets. *Fisheries Research* 65: 295–307.
- Goñi R, Reñones O, Quetglas A (2001) Dynamics of a protected Western Mediterranean population of the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) assessed by trap survey. *Marine and Freshwater Research* 52: 1577–1587.
- Goñi R, Latrouite D (2005) Review of the biology and fisheries of *Palinurus* spp. species of European waters: *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) and *Palinurus mauritanicus* (Gruvel, 1911). *Cahiers de Biologie Marine* 46: 127–142.
- Groeneveld JC, Goñi R, Latrouite D (2006). *Palinurus* species. Chapter 12. In: Phillips B. (ed) Lobsters, Management Aquaculture and Fisheries. Blackwell Publishing.
- Holthuis LB (1991) Marine Lobsters in the world. An annotated and illustrated catalogue of the species of interest to fisheries known to date. *FAO Species Catalogue*, no 145, Vol. 13, pp. 1-292.
- Hunt JH, Matthews TR, Forcucci D, Hedin B, Bertelsen RD (1991) Management implications of trends in the population dynamics of the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, at Looe Key National Marine Sanctuary. Final Report to NOAA. Florida Marine Research Institute, Marathon, FL.
- Hunter E (1999) Biology of the European spiny lobster, *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) (Decapoda, Palinuridea). *Crustaceana* 72: 545–565.
- MacDiarmid AB, Breen PA (1993) Spiny lobster population change in a marine reserve. In: Battershill C.N., Creese R., Schiel D., Jones G., MacDiarmid A.B. (eds) Proceedings of the 2nd International Temperate Reef Symposium. National Institute of Water and Atmospheric Research, Wellington, 47–56.

Milazzo M (2011) Evaluation of a behavioural response of Mediterranean coastal fishes to novel recreational feeding situation. *Environmental Biology of Fishes* 91: 127-132.

Phillips BF, Sastry AN (1980) Larval ecology. In: Cobb J.S., Phillips B.F. (eds) *The biology and management of lobsters*, 2: Ecology and management. Academic Press, New York, 11-57.

Quetglas A, Gaamour A, Reñones O, Missaoui H, Zarrouk T, Elabed A, Goñi R (2004) Spiny lobster (*Palinurus elephas*, Fabricius 1787) fisheries in the western Mediterranean: A comparison of Spanish and Tunisian fisheries. *Monografies Butlletí de la Societat d'Historia Natural de les Illes Balears* 47: 64-80.

Reñones O, Coll J, Díaz D, Morey G, Martino S, Navarro O, Stobart B, Deudero S, Grau AM (2010) Estudio de la biología y ecología de *Scyllarides latus* en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Implicaciones para la gestión de la especie en las Islas Baleares. Proyecto "LATUS 2006-2009". COB-IEO, 61 pp.

Ros J, Olivella I, Gili JM (1984) *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Institut d'Estudis Catalans. 828 pp.

Worm B, Barbier EB, Beaumont N, Duffy E, Folke C, Halpern BS, Jackson JBC, Lotze HK, Micheli F, Palumbi SR, Sala E, Selkoe KA, Stachowicz JJ, Watson R (2006) Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science* 3: 787-790.

# Els peixos més afavorits per la protecció de les Medes

Antoni Garcia-Rubies<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC)



## Introducció

La Costa Brava, i especialment les àrees que interessin aquest estudi, presenten uns fons d'una morfologia molt variada que ofereix una amplíssima riquesa d'hàbitats i una elevada biodiversitat. L'explotació continuada d'aquests indrets, tant des del punt de vista pesquer, des de molt antic, com del turístic, molt més recentment, ha deixat la seva empremta: la pesca ha afectat especialment els peixos i moltes poblacions es troben actualment sobreexplotades i algunes ja han pràcticament desaparegut. Malgrat tot, la recuperació de les poblacions d'algunes espècies de peixos tan emblemàtics com ara el nero a les reserves marines evidencia clarament que la posada en pràctica de mesures de protecció faria possible la recuperació d'aquesta i d'altres espècies que actualment es troben en una situació crítica allà on es poden pescar.

Però els objectius que impulsen la creació de les àrees marines protegides (AMP) van més enllà de la protecció d'algunes espècies explotades. Breument, són els següents:

- 1) Conservació del patrimoni natural i la biodiversitat
- 2) Recuperació dels estocs de pesca
- 3) Educació i recerca
- 4) Contribució al desenvolupament de l'economia local per la via del turisme i la freqüentació dels espais en general

L'Àrea Protegida de les illes Medes, creada l'any 1983, es troba entre les més veteranes de la Mediterrània i ha estat objecte d'un gran nombre de treballs científics, alguns dels quals (Ros *et al.*, 1984) van ser fonamentals per a la instauració de la reserva marina. L'efecte de la protecció sobre la comunitat de peixos litorals es va demostrar ben poc després que la protecció fos efectiva (Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Garcia-Rubies, 1997, 1999). Els efectes de la protecció (l'anomenat "efecte reserva") també van permetre documentar casos de cascades tròfiques (Sala i Zabala, 1996; Sala, 1997; Sala i Boudouresque, 1997) i fer diversos estudis sobre el reclutament (Garcia-Rubies i Macpherson 1995 ; Macpherson *et al.*, 1997; Vigliola *et al.*, 1998; Planes *et al.*, 1999), la mortalitat natural (Macpherson *et al.*, 2000) i l'espectre de biomassa dels peixos litorals en un medi protegit (Macpherson *et al.*, 2002). La protecció de l'àrea i la recuperació de l'estructura demogràfica de la població de neros (*Epinephelus marginatus*) va ser determinant per poder documentar la reproducció d'aquesta espècie (Zabala *et al.*, 1997a, 1997b) i els factors que la determinaven (Hereu *et al.*, 2006) per primera vegada a la Mediterrània.

Molts d'aquests estudis es varen originar mentre es duien a terme les tasques de seguiment d'algunes poblacions i comunitats en l'Àrea Protegida de les illes Medes. El contacte continuat amb el medi és la millor font d'inspiració per als investigadors a l'hora de plantejar-se nous reptes de recerca. D'altra banda, tot i que poden semblar monòtons, els seguiments a llarg termini acostumen a fornir una informació molt valuosa a causa de l'escassetat d'aquesta mena d'estudis a la literatura científica. Els seguiments a llarg termini són una referència de primer ordre per tal de controlar possibles canvis en les comunitats i poblacions causats per agents externs, ja siguin d'origen humà (aparició d'espècies invasores, canvi climàtic, etc.) o d'origen natural (temporals, malalties, etc.) o fins i tot per detectar cicles. Tenir com a referència dades de primera mà sobre comunitats i poblacions no explotades és vital per tal d'avaluar els efectes d'aquestes pertorbacions, siguin de l'origen que siguin.

El seguiment temporal del patrimoni protegit és primordial per tal d'avaluar l'eficàcia de les mesures de protecció per aconseguir els objectius de l'Àrea Protegida i assegurar que ho facin d'una manera complementària i sostenible. En aquest sentit, val a dir que no sempre el que és bo per al desenvolupament de l'economia local ho és per garantir la conservació del patrimoni natural. És difícil conjuminar uns objectius tan dispars com els esmentats més amunt, en un ambient sotmès a una pressió turística tan forta com la Costa Brava. En darrera instància, són els gestors els que han de decidir, i per això necessiten les dades, el més actualitzades possible, sobre l'estat i l'evolució del patrimoni natural.

Des de 1990, any en què es va iniciar el seguiment de l'Àrea Protegida de les illes Medes, la selecció dels descriptors es va centrar sobre comunitats i espècies amb un elevat interès ecològic i econòmic. Les primeres perquè, tot i no ser explotades directament, podrien veure's indirectament afectades per la protecció; les segones, per tal de documentar com evolucionaven les poblacions d'algunes espècies molt preuades en absència d'explotació. És per això que, després de veure l'efecte de la protecció sobre la comunitat de peixos de roca en general (Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Garcia-Rubies, 1999), hom va decidir centrar el seguiment en aquelles espècies que presentaven unes diferències majors entre l'àrea protegida i la no protegida. Totes responien a les mateixes condicions: es tractava d'espècies de llarga vida, que podien assolir una gran talla i eren molt preuades per la pesca. Per això eren tan rares allà on es podien pescar i, precisament per això, responien tan bé a la protecció. Eren, en poques paraules, les millors indicadores de l'efecte reserva.

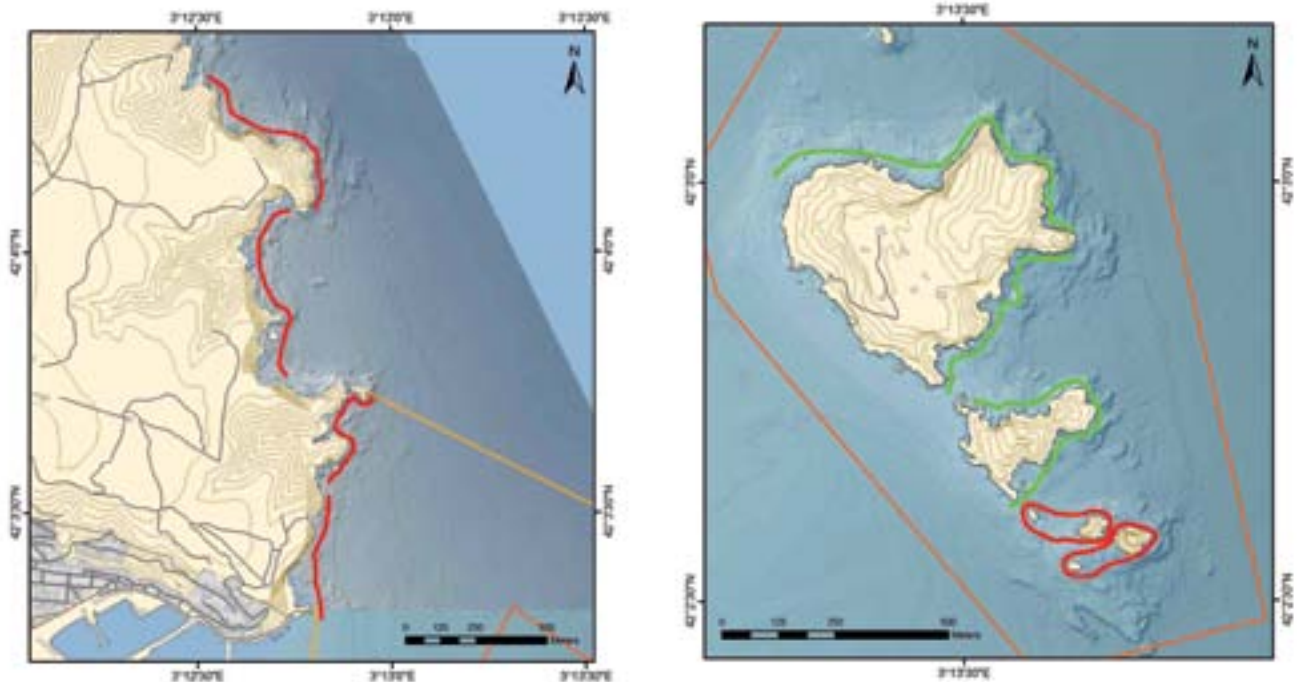
Així, el seguiment començà pel nero (*Epinephelus marginatus*) l'any 1991; a partir de 1992, l'estudi es va estendre al déntol (*Dentex dentex*), al llobarro (*Dicentrarchus labrax*), al sarg imperial o soldat (*Diplodus cervinus*), a l'orada (*Sparus aurata*) i al corball (*Sciaena umbra*). El pagre (*Pagrus pagrus*), que també fou inicialment inclòs en el seguiment, va ser posteriorment rebutjat, ja que el seva distribució en fondària no permetia una bona avaluació de la població ni dins ni fora de l'Àrea Protegida.

El seguiment també es va adaptar als canvis de gestió de la zona i es va ampliar cap a la costa del Montgrí, l'any 1998, després de la instauració de l'Àrea Parcialment Protegida des del Molinet fins a la Punta Salines l'any 1991. Finalment, l'any 1999, es decidí d'incloure en el seguiment un tram de costa no protegida (del Cap d'Oltrera a l'illa d'en Dui) per tal de poder comparar les dades obtingudes tant a l'àrea totalment protegida com a la parcialment protegida (Figura 1). La inclusió d'aquestes dues àrees permetria, d'una banda, documentar el possible pas de peixos de la zona prote-



A)





B)

C)

Figura 1. Reserva Marina de les Illes Medes. A) Vista general. La línia vermella representa el límit de la Reserva Marina (RM) on es prohibeix tot tipus de pesca, i la línia taronja representa els límits de la Reserva Parcial (RP) on la pesca és regulada, i delimita la zona no protegida (NP). B) Transsectes a la zona no protegida (NP) i a la Reserva Parcial (PR). C) Transsectes dins la Reserva Marina (RM). Les línies vermelles representen transsectes replicats, i les línies verdes transsectes no replicats.

gida de les Medes a la costa, el denominat “vessament” (*spillover*), i de l'altra, aïllar l'efecte de la pesca submarina, permesa en l'àrea no protegida però prohibida en la parcialment protegida.

L'*spillover* és un efecte que sempre ha estat esgrimit en la creació de reserves marines, tot i que ha estat rarament comprovat. En principi, depèn tant de les dimensions de la reserva com de les característiques de l'hàbitat i la mobilitat de les diferents espècies, ja sigui en els seus desplaçaments habituals dins de la respectiva “àrea de campeig” (*home range*), ja sigui en migracions estacionals (amb motius reproductors, per exemple).

## Tocant sostre...

Pel que fa a aquestes espècies, hom pot dir que, després de 25 anys de protecció a la Reserva Marina de les illes Medes, tant el nombre mitjà d'espècies com l'abundància total ja han arribat pràcticament a la capacitat de càrrega (Figura 2). El nombre mitjà d'espècies és el paràmetre que més ràpid ha arribat a la saturació (10 -13 anys), i això ha demostrat que la freqüència d'ocurrència d'aquestes espècies en els inventaris es recupera molt abans que la seva densitat i talla. Una recuperació similar de la riquesa específica va ser documentada per McClanahan *et al.*, (2007).

La biomassa de tres espècies (*E. marginatus*, *D. labrax*, *D. cervinus*) ja ha assolit pràcticament la recuperació total, mentre que la de *S. umbra* i *D. dentex* es troba encara en plena expansió. En el cas de *S. umbra*, s'han observat els primers signes d'estabilització a llarg termini, i el mateix es pot dir de *D. dentex*, que seguia una evolució similar a les anteriors, tot i que el valor excepcionalment alt de 2009 va trencar aquesta dinàmica. Són necessàries més dades per saber si l'elevat valor de 2009 és puntual o bé es tracta d'una tendència definida, però sembla clar que aquesta espècie està en expansió a la Mediterrània occidental (Orozco *et al.*, 2011) i a la zona d'estudi en particular, com assenyalen les captures de l'espècie al veí port de Palamós durant l'any 2009 (Gordoa, obs. pers.).

Els valors de la capacitat de càrrega en termes de biomassa estimats pels models han estat molt diferents entre les espècies (Figura 3). El valor més elevat correspon a *E. marginatus* ( $37,1 \pm 3,6 \text{ g m}^{-2}$ ), que se situa en un ordre de magnitud per sobre de les altres espècies com *S. umbra* ( $5,6 \pm 3,1 \text{ g m}^{-2}$ ), *D. labrax* ( $3,4 \pm 0,66 \text{ g m}^{-2}$ ) i *D. cervinus* ( $3,1 \pm 0,24 \text{ g m}^{-2}$ ), la qual cosa suggereix que la recuperació total depèn de la talla i l'edat que poden assolir les espècies (Halpern i Warner, 2002), ja que els individus adults d'*E. marginatus* són els més longeus i els que poden assolir una major talla màxima.

El temps necessari per assolir la recuperació total d'una població és llarg per a totes les espècies, i va de 13 a 31 anys per sobrepassar el 95% de la capacitat de càrrega. Aquests resultats contrasten amb els que proposen recuperacions molt més curtes, basant-se en la revisió de molts resultats de diferents reserves marines (Côté *et al.*, 2001, Halpern i Warner, 2002; Babcock *et al.*, 2010), potser perquè la recuperació total s'ha confós amb els primers símptomes de millora de les poblacions, que acostuma a ser força ràpida. En qualsevol cas, Coll *et al.*, (en premsa), en base a dades originals, van situar el temps per assolir la capacitat de càrrega en menys de 5 anys en tres reserves balears (NW Mediterrani), un lapse de temps molt menor que el constatat en aquest estudi.

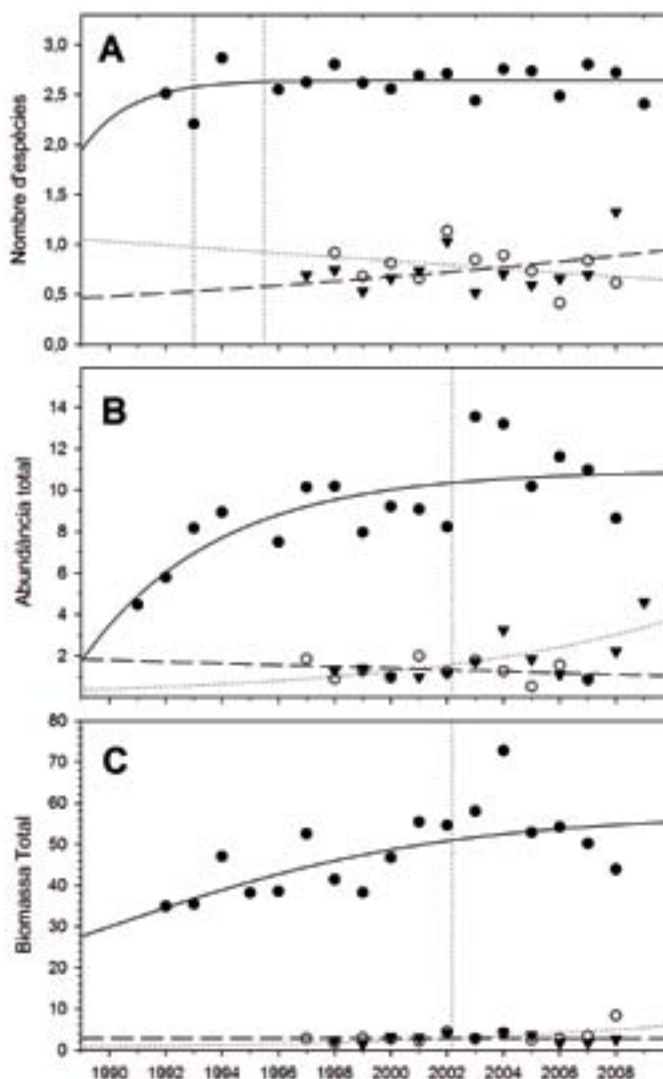


Figura 2. Evolució temporal del nombre d'espècies (A) i la densitat (B) i la biomassa (C) totals dels peixos vulnerables a la pesca censats a la Reserva Marina (RM, cercles negres), a la Reserva Parcial (RP, triangles negres) i a la zona no protegida (NP, cercles blancs). Les línies representen el millor ajust de cada variable a RM (línia sòlida), RP (línia de punts) i NR (línia discontinua). Les línies verticals de punts representen el moment en que s'assoleixen el 95% i el 99% del valor de la capacitat de càrrega a RM.

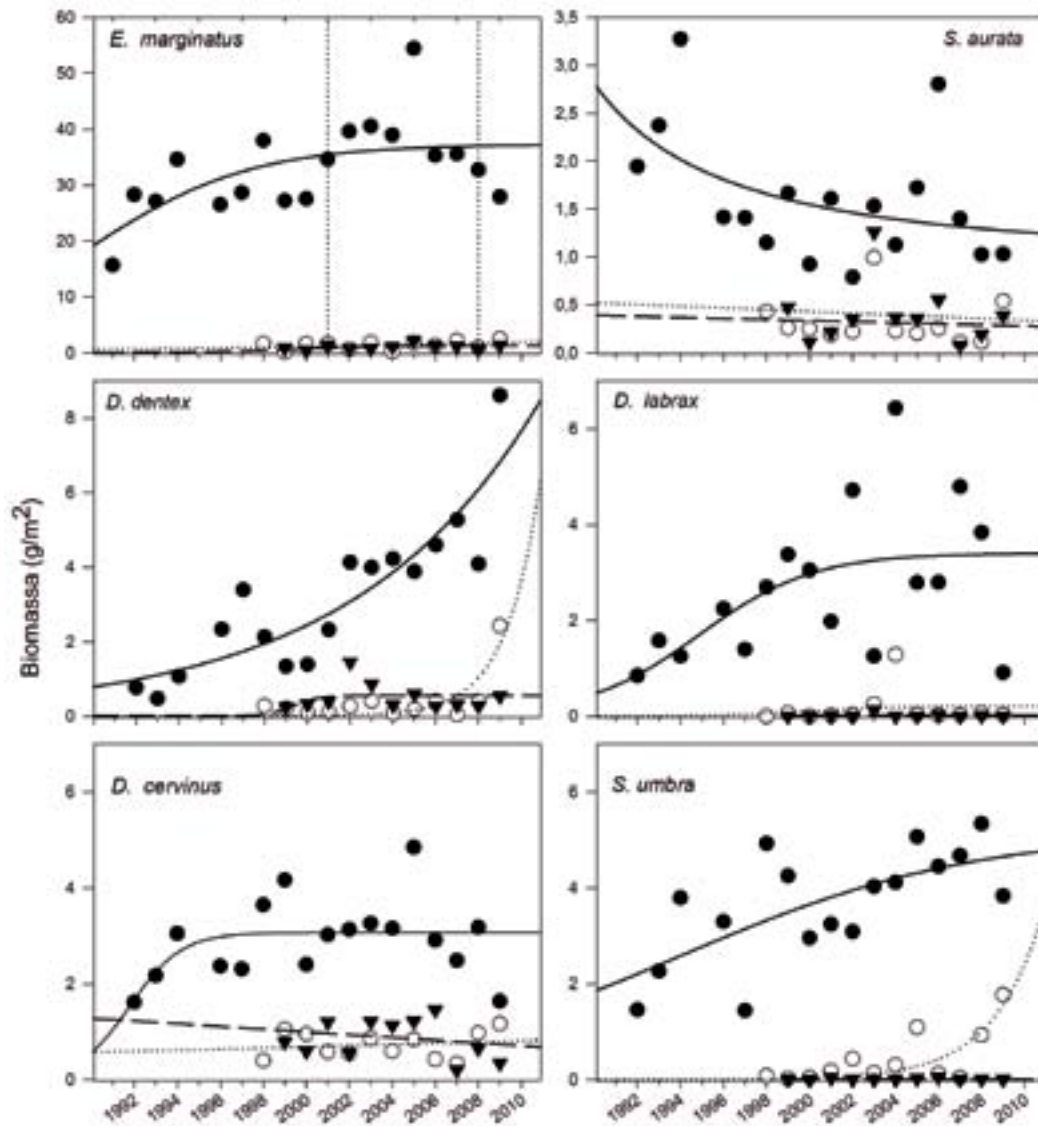


Figura 3. Evolució temporal de la biomassa de cadascuna de les espècies a la Reserva Marina, a la Reserva Parcial i a la zona no protegida. Vegeu la figura 2 per el significat dels símbols.

Les diferències entre les illes Medes i les reserves balears obeeixen a causes tant ambientals com biològiques. A les reserves balears es va mostrejar a molt poca profunditat (entre 5 i 10 m) pel fet que el substrat rocós rarament arribava a més profunditat. La limitació en profunditat del substrat rocós a les reserves balears és, segurament, un veritable coll d'ampolla que condiona la presència de grans exemplars d'*E. marginatus*, que tendeixen a desplaçar-se a més profunditat a mesura que creixen (Harmelin i Harmelin-Vivien, 1999), o dels grans bancs de *S. umbra*, que requereixen de fons amb una elevada complexitat estructural, que difícilment es donen a tan poca profunditat. Com assenyalaven Coll *et al.*, (en premsa), les reserves balears no es trobaven en indrets excepcionals, sinó que reflectien les característiques generals de la major part del litoral balear. En segon lloc, cal destacar que les

espècies que es van tenir en compte a Coll *et al.*, (en premsa) eren totes les que podien ser objectiu de pesca, incloent-hi diversos peixos que aconseguen la seva talla màxima en relativament poc temps (per exemple *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, diversos làbrids, etc.) i que, en conseqüència, recuperen la seva estructura demogràfica molt més ràpidament que les espècies que han estat tractades en aquest treball.

Al contrari de les reserves balears, els valors de biomassa obtinguts a les illes Medes són molt similars als que citen García-Charton *et al.*, (2004) per a reserves mediterrànies situades en ambients extraordinàriament propicis per assolir el màxim desenvolupament de la ictiofauna litoral sobre substrat rocós, incloent-hi els exemplars més grossos de les espècies més grans. Per a aquests peixos, assolir la total recuperació de la població és un procés llarg però que varia per a cada espècie en funció de l'edat i la mida que pugui assolir. En aquest cas, el temps requerit per aconseguir la capacitat de càrrega s'ha demostrat llarg, molt similar als definits per



Fotografia 1. *Diplodus cervinus*. Aquest sarg, d'aspecte magnífic, era relativament escadusser a la zona a començaments dels anys 80. Des d'aleshores es va anar incrementant fins assolir densitats estables a mitjan els anys 90 (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Russ i Alcalá (2010), o alguns dels estimats per MacClanahan *et al.*, (2000, 2009), que se situaven entre els 17 i 37 anys. Tot aquest temps per assolir la recuperació total dóna una idea del costós que pot arribar a ser el recobriment de les poblacions de les espècies més explotades a la Mediterrània.

Però no totes les espècies han seguit una evolució tan favorable. El cas de l'orada (*Sparus aurata*) sembla paradoxal ja que, després d'assolir uns valors de biomassa elevats en els 2 primers anys del seguiment a la Reserva (entre 8 i 9 anys després de la protecció), aquesta espècie va patir un descens brusc del qual no sembla haver-se recuperat (Figura 3), sinó tot el contrari. La biomassa d'aquesta espècie a la Reserva sembla tendir a convergir amb les de la reserva parcial i la zona no protegida, si bé la major talla dels exemplars de dins de la reserva manté les diferències en termes de biomassa. Segons Babcock *et al.*, (2010), aquestes disminucions, rares en un medi protegit, poden obeir a tres factors: a que les abundàncies inicials no són el resultat d'un efecte de la protecció, sinó d'altres factors (com ara episodis puntuals de reclutaments anormalment alts que determinen altes abundàncies en els anys següents); als efectes secundaris de la protecció (increment de depredadors que poden minvar la supervivència dels reclutes), o bé a una intensificació de la pesca al voltant de les reserves.

En el cas de *S. aurata*, l'explicació més plausible d'aquesta disminució passaria per una combinació de la biologia d'aquesta espècie i de la pesca il·legal, ja que *S. aurata* surt fora de la reserva per formar agregacions reproductores. Una d'aquestes agregacions se situa molt a prop de la reserva de les illes Medes i és perfectament coneguda per alguns pescadors d'encerclament, que poden localitzar-la fàcilment mitjançant els moderns sonars i capturar una enorme quantitat d'exemplars en un sola



calada (Sacanell, obs. pers.). *S. aurata* representa, així, un clar exemple d'exportació de biomassa fora de la reserva: un *spillover* independent de la densitat (tal i com el defineixen Abesamis i Russ, 2005; Gruss *et al.*, 2011), que es produeix a costa de la població presumptament protegida. L'orada és una bona mostra de les limitacions de les AMP en aquells casos en què una part de la població surt esporàdicament dels seus límits quan la superfície protegida és menor a la capacitat de dispersió de l'espècie en qüestió (Grüss *et al.*, 2011). En aquest cas en particular, es pot aventurar que si no cessa la pesca sobre l'agregació reproductora d'aquesta espècie, les diferències entre la Reserva i les zones obertes a la pesca acabaran diluint-se en el temps.

## Efecte de la protecció

Les diferències entre l'Àrea Protegida de les illes Medes i la costa veïna són molt pronunciades i s'han mantingut en el temps per a la majoria de descriptors analitzats. Totes les espècies tractades s'han vist, en major o menor grau, afavorides per la protecció de les illes Medes.

Les diferències existents entre les biomasses de la Reserva (R) respecte a la Reserva Parcial (RP) i la zona no protegida (NR) són enormes. De mitjana, el nombre mig d'espècies a RP i NR se situa entre un 28 i un 30% de l'observat en R; l'abundància mitjana total en RP només arriba a un 18% de la constatada en R, mentre que en NR només representa un 12%. La biomassa mitjana total observada en RP i NR se situa en un 6,7 i un 5,4% de l'observada en R, respectivament.

Assumint que les biomasses màximes de cada espècie s'aconsegueixen en R, es pot estimar l'estat de les poblacions en zones obertes a la pesca. Segons Worm *et al.*, (2009), un estoc explotat els efectius del qual no arribin al 10% de la biomassa no explotada (la biomassa prístina, segons MaClanahan *et al.*, 2007) es pot considerar pràcticament en col·lapse ecològic. Seguint aquest barem, les poblacions de *D. labrax*, *E. marginatus* i *S. umbra* es trobrien de "seriosament esgotades" a pràcticament "col·lapsades" a les zones obertes a la pesca, el que demostra l'eficàcia de les AMP per a la protecció i futura viabilitat d'aquestes espècies.



Fotografia 2. *D. dentex*. El déntol era molt rar a la Costa Brava els anys 70 i 80, tot i que els vells pescadors coneixien bé aquesta espècie. A mitjan dels 80 es varen començar a veure déntols de mida mitjana i, des d'aleshores, aquesta espècie ha augmentat molt. A les Medes no és rar veure grans exemplars de més d'un metre de llargària i que superen els 10 Kg de pes (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

La recuperació de les poblacions de cinc de les sis espècies estudiades després de 25 anys de protecció és indubtable en l'AMP. Atès que es tracta d'espècies d'un nivell tròfic elevat, es confirma que



la biomassa en les AMP tendeix a desplaçar-se cap als depredadors, és a dir, a seguir el camí invers del que es produeix en ecosistemes explotats, on els efectes de la sobrepesca es noten en les espècies que ocupen els nivells tròfics més elevats (Pauly *et al.*, 1998). A les reserves es produeix el que s'anomena “refer les xarxes tròfiques cap amunt” (*rebuilding up the food webs*) (Aburto-Oropeza *et al.*, 2011), que contrasta amb el “pescar cap avall les xarxes tròfiques” (*fishing down the food webs*) que es produeix en els medis explotats.

Actualment, el 49% de la biomassa de la comunitat de peixos litorals a la reserva de les Medes correspon a peixos depredadors (Guidetti i Sala, 2007; Sala *et al.*, 2012), la qual cosa assenyala el camí cap a la total recuperació funcional de l'ecosistema amb la característica inversió de la piràmide tròfica que ja s'ha comprovat en zones prístines, que mai no han estat explotades (DeMartini *et al.*, 2008).

La recuperació dels depredadors té efectes en cascada sobre els nivells tròfics inferiors (vegeu capítols 5 i 7). No obstant això, els efectes indirectes de l'augment de les poblacions de peixos a causa de la protecció sobre la resta de l'ecosistema solen retardar-se en el temps a causa de la inèrcia en els processos que regulen la dinàmica de les poblacions (Shears i Babcock, 2003; Babcock *et al.*, 2010; Hereu *et al.*, 2012). A les illes Medes, alguns d'aquests efectes secundaris s'han documentat i s'ha demostrat un augment de la depredació sobre la llagosta *Palinurus elephas* (vegeu capítol 7), o un cert control sobre les poblacions de garotes que, després de més d'una dècada, ha permès una recuperació de poblacions d'algues arborescents en algunes zones (vegeu capítol 5).

A l'escala de la comunitat de peixos, l'impacte de l'increment de depredadors hauria de ser notable. Així, tot i que Macpherson *et al.*, (1997) van demostrar que no existia cap efecte de l'increment de depredadors



Fotografia 3. *D. labrax*. Al contrari del déntol, el llobarro sembla que va de baixa a tot el litoral de la Costa Brava. Tot i que a les Medes encara es poden veure força exemplars, aquesta espècie ha esdevingut molt escadussera en les àrees obertes a la pesca (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).



Fotografia 4. *E. marginatus*. Sens cap mena de dubte el rei dels peixos de les Medes. De caràcter curiós i gens poruc, suporta molt bé la proximitat de l'home. La població demogràficament compensada de les illes Medes va permetre que, l'any 1996 es podés observar la reproducció d'aquesta espècie per primera vegada (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

sobre la mortalitat dels sargs (*Diplodus sargus*, *D. puntazzo* i *D. vulgaris*) acabats d'assentar (*settlers*) en àrees protegides, hi ha algunes evidències correlacionals del fet que en les AMP hi ha menys juvenils d'algunes espècies respecte a àrees veïnes obertes a la pesca (Garcia-Rubies, 1997; Sánchez-Lizaso *et al.*, 2000), o que algunes petites espècies bentòniques, com *Gobius bucchichi* (Sasal *et al.*, 1996) són menys abundants i de major talla en les reserves.

## Vessament

Com ja hem vist, a les illes Medes, les diferències entre l'Àrea Protegida i la costa són enormes i es mantenen en el temps. Cal concloure, en conseqüència, que després de 25 anys de protecció i malgrat que els valors de la majoria de descriptors a la Reserva ja han assolit pràcticament la capacitat de càrrega, el vessament (*spillover*) des de les illes cap a la costa veïna ha estat força limitat.

De les sis espècies analitzades, només tres (*E. marginatus*, *D. dentex* i *S. umbra*) demostren alguna tendència positiva que es circumscriu a RP, i en només dos casos (*E. marginatus* i *S. umbra*) es podria atribuir a l'*spillover*. L'increment de *D. dentex* no pot atribuir-se a l'*spillover*, sinó a l'increment de l'espècie a la zona el 2009, que s'ha detectat tant en R com a RP i s'ha constatat en les captures del proper port de Palamós (Gordoa, obs. pers.).

Els resultats són similars als que van obtenir Harmelin-Vivien *et al.*, (2008) a la mateixa zona en estudiar els gradients de biomassa com evidències de *spillover*. Aquests autors van trobar que el gradient més acusat es produïa entre R i RP, el que implicava que el vessament era més aviat modest i es limitava exclusivament a RP.

L'absència d'un *spillover* més fluid entre R i RP pot obeir al fet que els fons rocosos de les illes Medes es troben separats dels fons similars de la costa per una ampla franja arenosa d'uns set-cents de metres d'ample, que sembla funcionar com una barrera molt eficient al pas de peixos de roca. El limitat intercanvi de peixos entre esculls separats per bancs de sorra de menys de 20 m d'amplada, constatat per Chapman i Kramer (2000), semblen corroborar aquesta hipòtesi.



Fotografia 5. *S. umbra*. Segons en Josep Pla, el corball és el peix més fi de la Mediterrània. Però la seva qualitat culinària es queda curta al davant d'un peix d'aspecte majestuós que sembla conscient de la seva bellesa. A les Medes se'n poden veure grans estols sempre propers a grans forats que els serveixen de refugi (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Les evidències més clares de vessament s'han documentat només als voltants de les reserves marines que no presentaven discontinuïtats importants amb les zones explotades (Russ i Alcalá, 1996; McClanahan i Mangi, 2000). La discontinuïtat del substrat no afavoreix l'*spillover*, però maximitza el paper de refugi de l'AMP per a les espècies més vulnerables a la pesca, mentre que la continuïtat de l'hàbitat afavoreix l'*spillover* però dilueix l'efecte de la protecció (McClanahan i Mangi 2000). La decisió de potenciar un o altre efecte l'han de prendre els gestors i depèn dels objectius de cada reserva. En aquest sentit, no és estrany que les AMP situades en illes produeixin uns resultats més acusats que les AMP costaneres en continu, tal com demostren els resultats de Garcia-Charton *et al.*, (2008) i Coll *et al.*, (en premsa).

Els peixos típics de substrats rocosos i de caràcter sedentari poden desplaçar-se a distàncies considerables. Així, Alfonso *et al.*, (2011) van demostrar mitjançant tècniques de telemetria (marcatge de individus amb emissors d'ultrasons que permet seguir-ne els moviments) que certs exemplars d'*E. marginatus* es podien desplaçar fins a més de 5 km, passant de la zona totalment protegida a la parcialment protegida amb certa facilitat, però sempre sobre fons rocosos, sense discontinuïtats sorrenques importants. Per contra, els estudis de telemetria actualment en curs a les illes Medes (Hereu *et al.*, en preparació) demostren l'existència d'un alt grau de confinament a l'AMP d'*E. marginatus*, *D. dentex* i *D. sargus*. Aquestes evidències es corroboren amb estudis genètics, que mostren que l'heterocigosi de *Diplodus sargus* a les AMP situades en illes és menor a la trobada en AMP costaneres a la Mediterrània (González-Wangüemert *et al.*, 2004), la qual cosa demostra que hi ha certa insularitat i un intercanvi relativament limitat amb la costa veïna.

En qualsevol cas, és clar que el vessament d'aquestes espècies no sembla arribar a NR. A part d'una lleugeríssima recuperació d'*E. marginatus*, cap dels descriptors analitzats va presentar una tendència positiva en NR, la qual cosa indica o bé que no s'ha produït *spillover* des de R fins a NP (o de RP a NR) o bé que, si s'ha produït, ha estat completament anul·lat pels efectes de la pesca.

Dos fets semblen reforçar aquesta hipòtesi: d'una banda, l'increment puntual de *D. labrax* el 2004, a causa d'una fuga massiva d'exemplars d'una piscifactoria al golf de Roses, que es va detectar en R i RP, però no en NR. Assumint que els exemplars escapats podien arribar a qualsevol lloc de la costa, és significatiu que l'increment només es detectés a les àrees protegides R i RP.

D'altra banda, una cosa similar va ocórrer a causa del gran temporal de llevant que va assolir el litoral estudiat a finals de 2008 (Mateo i Garcia-Rubies 2012), després del qual es va observar un marcat descens d'algunes espècies (*E. marginatus*, *D. cervinus*, *S. umbra*, *S. aurata* i *D. labrax*) a R i un notable increment de *E. marginatus* i *S. umbra* a RP (Figura 3).

Es pot conjecturar sobre el fet que alguns exemplars d'*E. marginatus* fossin "involuntàriament" transportats de R a RP i NR pel temporal, tal i com ho foren els diversos individus que van ser trobats morts o moribunds l'endemà del temporal a la platja de l'Estartit (Weitzmann, obs. pers.; Mateo i Garcia-Rubies, 2012), situada a més d'una milla de les Medes. Alguns casos de recol·locació similars han estat documentats en esculls de corall després del pas d'un huracà. Tot i això, l'increment d'*E. marginatus* en NR després del temporal va ser molt menys notable que en RP. Es pot especular, per tant, que el possible *spillover* forçat pel temporal fos totalment anul·lat per la pesca en NR. El mateix va poder succeir amb *S. umbra*. Atès que la pesca artesanal i l'esportiva

es poden practicar tant en RP com a NR, el fet que a la zona no protegida cap de les espècies mostrés símptomes clars de progrés es pot atribuir bàsicament a l'efecte de la caça submarina legalment practicada a NR.

A la profunditat on s'ha desenvolupat l'estudi (entre 10 i 20 m), aquestes espècies són principalment vulnerables a la caça submarina, sobretot les més sedentàries, com el nero (*Epinephelus marginatus*) i el corball (*Sciaena umbra*). El que fa de la caça submarina un mètode molt efectiu per a la captura d'aquestes espècies sedentàries és, precisament, la seva alta selectivitat. En aquesta modalitat, el caçador submarí busca activament la seva presa i pot escollir tant l'espècie com la mida. La capturabilitat no depèn doncs de la densitat de la presa, atès que és activament buscada pel caçador submarí, de manera que l'esgotament de l'estoc pot ser acusat i molt ràpid (Hansen *et al.*, 2000).

El notable efecte d'aquesta modalitat de pesca es fa palès en zones en què la caça submarina s'ha prohibit però on són permeses altres modalitats esportives o comercials, com és el cas del Parc Nacional de Cabrera o el de Port-Cros (França), on *E. marginatus* pot mantenir densitats elevades (Coll *et al.*, 1999; Culioli i Quignard, 1999; Reñones *et al.*, 1999; La Mesa i Vacchi *et al.*, 1999). Els resultats dels concursos de caça submarina a les illes Balears demostren la progressiva rarefacció d'aquestes espècies entre les captures realitzades pels concursants entre 1975 i 2001 (Coll *et al.*, 2004). Atès que la pesca artesanal no ha augmentat a les Balears, sinó més aviat tot el contrari, aquests resultats poden atribuir-se a un efecte de la caça submarina.



Fotografia 6. *S. aurata*. La daurada, que en aquesta imatge es pot veure envoltada de sargs imperials i corballs, és un clar exemple de la limitació de l'Àrea Protegida de les illes Medes. Sembla que la dorada forma agregacions per reproduir-se fora de l'àmbit protegit i es capturada en gran quantitats amb arts de cercol que actuen il·legalment (Fotografia: Josep Clotas i Marta Cunillera).

Les enormes diferències en la biomassa de les espècies estudiades no es deu segurament només a la protecció, sinó a la major productivitat de R causa de la seva insularitat. Les illes Medes estan més exposades als corrents, la qual cosa afavoreix una major productivitat i una aportació constant d'aliment per a les espècies planctòfages, com *Boops boops* i *Chromis chromis*, que formen part de la dieta de la majoria de peixos piscívors. Els mecanismes involucrats en aquest fenomen són variats i estan relacionats amb la pujada a superfície d'aigües fondes (*upwelling*), ones internes, regeneració de nutrients a nivell bentònic, aigües continentals i recirculació de masses d'aigua (*eddies*) (e.g. Le Borgne *et al.*, 1985). Alguns estudis a d'altres illes han demostrat que a les illes hi ha un augment de la quantitat de zooplàncton i larves de peix, i que això pot tenir conseqüències a les pesqueres locals (Boehlert *et al.*, 1992; Hernández-León 2001).

L'abundància d'invertebrats filtradors, com ara *Paramuricea clavata*, molt abundant a les illes Medes, demostra un hidrodinamisme més acusat a la costa, on aquests filtradors són presents només en els caps més exposats (vegeu capítol 2).

No hi ha cap mena de dubte que les illes Medes són un indret extraordinari. A l'esmentat hidrodinamisme, també s'hi haurien d'afegir uns fons molt heterogenis on hi ha representats una bona part dels hàbitats litorals més característics de la Mediterrània occidental. Aquestes qualitats propicien que siguin una de les reserves amb una diversitat i biomassa de peixos més elevades de la Mediterrània (Garcia-Charton *et al.*, 2004; Sala *et al.*, 2012). És evident, però, que en aquest mar hi ha força indrets amb aquestes característiques que no assoleixen, ni de bon tros, els valors observats a les Medes. I és que tots aquests factors tan favorables no poden expressar el seu potencial sense unes mesures de protecció que garanteixin el desenvolupament normal de les poblacions. Especialment les d'aquelles espècies més sensibles a l'explotació. En aquest sentit, les mesures de protecció que s'endeguin a la Mediterrània s'haurien de centrar en aquests punts de característiques extraordinàries. Com hem vist, la recuperació total de les poblacions és un procés llarg, de desenes d'anys, la qual cosa indica fins a quin punt l'explotació afecta aquestes espècies. Protegir aquest indrets és una inversió a llarg termini, els resultats de la qual, com es pot veure en aquest capítol, creiem que paguen la pena.



## Bibliografia

Abesamis RA, Russ GR (2005) Spillover from a Marine Reserve: long-term evidence. *Ecological Applications* 15: 1798–1812.

Aburto-Oropeza O, Erisman B, Galland GR, Mascareñas-Osorio I, Sala E, Ezcurra E (2011) Large recovery of fish biomass in a no-take Marine Reserve. *Plos one*, 6(8). e23601.

Afonso P, Fontes J, Santos RS (2011) Small marine reserves can offer long term protection to an endangered fish. *Biological Conservation* 144: 2739–2744.

Babcock RC, Shears NT, Alcala C, Barrett NS, Edgar GJ, *et al.* (2010) Decadal trends in marine reserves reveal differential rates of change in direct and indirect effects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 18256–18261.

Boehlert GW, Watson W, Sun LC (1992) Horizontal and vertical distributions of larval fishes around an isolated oceanic island in the tropical Pacific. *Deep-Sea Research* 39:439-466.

Chapman MR, Kramer DL (2000) Movements of fishes within and among fringing coral reefs in Barbados. *Environmental Biology of Fishes* 57: 11–24

Coll J, García-Rubies A, Moranta J, Stefanni S, Morales-Nin B (1999) Sport-fishing prohibition effects on the population structure of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Cabrera Archipelago National Park (Majorca, W. Mediterranean). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Illes Balears* 42: 125-138.

Coll J, Garcia-Rubies A, Morey G, Grau AM (en premsa) The carrying capacity and the effects of protection level in three MPAs in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina*.

Coll J, Linde M, García-Rubies A, Riera F, Grau A M (2004) Spear fishing in the Balearic Islands (west central Mediterranean): species affected and catch evolution during the period 1975–2001. *Fisheries Research* 70: 97–111.

Côté IM, Mosqueira I, Reynolds JD (2001) Effects of marine reserve characteristics on the protection of fish populations: a meta-analysis. *Journal of Fish Biology* 59: 178–189.

Culioli JM, Quignard JP (1999) Suivi de la démographie et du comportement territorial des mâles de mérus bruns *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) du site du Pellu (Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio, Corse, N.W. Méditerranée N.O.). *Marine Life* 9(2): 3-9.

DeMartini E, Friedlander AM, Sandin SA, Sala E (2008) Differences in fish-assemblage structure between fished and unfished atolls in the northern Line Islands, central Pacific. *Marine Ecology Progress Series* 365 : 199-215.

García-Charton JA, Pérez-Ruzafa A, Marcos C, Claudet J, Badalamenti F, *et al.*, (2008) Effectiveness of European Atlanto-Mediterranean MPAs: Do they accomplish the expected effects on populati-

ons, communities and ecosystems? *Journal for Nature Conservation* 16: 193–221.

García-Charton JA, Pérez-Ruzafa A, Sánchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Reñones O, *et al.*, (2004) Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Marine Biology* 144: 161–182.

Garcia-Rubies A (1997) Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció. Tesi de Doctorat. Universitat de Barcelona.

Garcia-Rubies A (1999) Effects of fishing on community structure and on selected populations of Mediterranean coastal reef fish. *Naturalista Siciliano* 23: 59-81.

Garcia-Rubies A, Zabala M (1990) Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands Marine (Reserve) (NW Mediterranean). *Scientia Marina* 54: 317-328.

Garcia-Rubie, A, Macpherson E (1995) Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean litoral. *Marine Biology* 124: 35-42.

González-Wangüemert *et al.*, (2004) Genetic differentiation of *Diplodus sargus* (Pisces: Sparidae) populations in the south-west Mediterranean. *Biological Journal of the Linnean Society*, 82: 249–261.

Guidetti P, Sala E (2007) Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 335: 43–56.

Grüss A, Kaplan DM, Guénette S, Roberts CM, Botsford LW (2011) Consequences of adult and juvenile movement for marine protected areas. *Biological Conservation* 144: 692–702.

Halpern BS, Warner RR (2002) Marine reserves have rapid and lasting effects. *Ecology Letters* 5: 361–366.

Hansen, MJ, Beard, TD, Hewett, SW (2000) Catch rates and catchability of walleyes in angling and spearing fisheries in northern Wisconsin lakes. *North American Journal of Fisheries Management* 20: 109-118.

Harmelin J, Harmelin-Vivien M (1999) A review on habitat, diet and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). *Marine Life* 9: 11-20.

Harmelin-Vivien M, Ledireach L, Bayle Sempere J, Charbonnel E, Garcia-Charton J, *et al.* (2008) Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover? *Biological Conservation* 141: 1829–1839.

Hereu B, Diaz D, Pasqual J, Zabala M, Sala E (2006) Temporal patterns of spawning of the dusky

grouper *Epinephelus marginatus* in relation to environmental factors. Marine Ecology Progress Series 325: 187–194.

Hereu B, Linares C, Sala E, Garrabou J, Garcia-Rubies A, Díaz D, Zabala M (2012) Multiple processes regulate long-term population dynamics of sea urchins on Mediterranean rocky reefs. Plos One 7(6): e36091.

Hernández-León S, Almeida C, Gómez M, Torres S, Montero I, Portillo-Hahnefeld A (2001) Zooplankton biomass and indices of feeding and metabolism in island-generated eddies around Gran Canaria. Journal of Marine Systems 30: 51-66.

La Mesa G, Vacchi M (1999) An analysis of the coastal fish assemblage of the Ustica Island marine reserve (Mediterranean Sea). Marine Ecology 20: 147-165.

Le Borgne R, Dandonneau Y, Lemasson L (1985) The problem of the island mass effect on chlorophyll and zooplankton standing crops around Mare (Loyalty islands) and New Caledonia. Bulletin of Marine Science 37: 450-459.

Macpherson E, Biagi F, Francour P, Garcia-Rubies A, Harmelin JG, Harmelin-Vivien M, Jouvenel JY, Planes S, Vigliola L, Tunesi L (1997). Mortality of juvenile fishes of the genus *Diplodus* in protected and unprotected areas in the western Mediterranean. Marine Ecology Progress Series 160: 135-147.

Macpherson E, Garcia-Rubies, A, Gordo A (2000) Direct estimation of natural mortality rates for littoral marine fishes using populational data from a marine reserve. Fisheries Research: 1067-1076.

Macpherson E, Gordo A., García-Rubies A (2002) Biomass Size Spectra in Littoral Fishes in Protected and Unprotected Areas in the NW Mediterranean. Estuarine Coastal and Shelf Science 55: 777-788.

Mateo MA, Garcia-Rubies A (2012) Assessment of the ecological impact of the extremes storm of Sant Esteve's Day (26th December, 2008) on the littoral ecosystems of the north Mediterranean Spanish coast. Informe final proyecto CSIC – PIEC 200430E59.

McClanahan TR, Mangi S (2000) Spillover of exploitable fishes from a marine park and its effect on the adjacent fishery. Ecological Applications 10(6): 1792-1805.

McClanahan TR, Graham AJ, Calnan JL, MacNeil MA (2007) Toward pristine biomass: reef fish recovery in coral reef marine protected areas in Kenya. Ecological Applications 17: 1055–1067.

McClanahan T, Graham N, Wilson S, Letourneur Y, Fisher R (2009) Effects of fisheries closure size, age, and history of compliance on coral reef fish communities in the western Indian Ocean. Marine Ecology Progress Series 396: 99–109.

Orozco MJ, Sánchez-Lisazo, JL, Fernández, AM (2011) Capturas del dentón (*Dentex dentex*) en dos

puertos del Mediterráneo Ibérico. Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos. Época II. N° especial.

Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres FC Jr (1998) Fishing down marine food webs. *Science* 279: 860–863.

Planes S, Macpherson EO, Biagi FP, Harmelin J (1999) Spatio-temporal variability in growth of juvenile sparid fishes from the Mediterranean littoral zone. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*: 137–144.

Reñones O, Goñi R, Pozo M, Deudero S, Moranta J (1999) Effects of protection on the demographic structure and abundance of *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834). Evidence from Cabrera Archipelago National Park (West – central Mediterranean). In: Mémoires de l'Institut océanographique Paul Ricard. Symposium International sur les Mérous de Méditerranée, novembre 1998, Embiez, France, pp. 155-164.

Russ GR, Alcala AC (1996) Do marine reserves export adult fish biomass? Evidence from Apo Island, central Philippines. *Marine Ecology Progress Series* 132: 1–9.

Ros JD, Olivella I, Gili JM (eds) (1984) Els sistemes naturals de les illes Medes. Arxius Secció Ciències, 73. IEC. Barcelona 828pp.

Russ GR, Alcala AC (2010) Decadal-scale rebuilding of predator biomass in Philippine marine reserves. *Oecologia* 163: 1103–1106.

Sala E (1997) The role of fishes in the organization of a Mediterranean sublittoral community II: Epifaunal communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 212: 45–60.

Sala E, Boudouresque CF (1997) The role of fishes on a Mediterranean sublittoral community II: Algal communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 212: 25–44.

Sala E, Zabala M (1996) Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 140: 71–81.

Sala E, Ballesteros E, Dendrinis P, Di Franco A, Ferretti F, *et al.*, (2012) The structure of mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS one* 7: e32742.

Sánchez-Lizaso JL, Goñi R, Reñones O, Garcia-Charton JA, Galzin R (2000) Density dependence in marine protected populations: a review. *Environmental Conservation* 27: 144–158.

Sasal P, Faliex E, Morand S (1996) Population structure of *Gobius bucchichi* in a Mediterranean marine reserve and in an unprotected area. *Journal of Fish Biology* 49: 352-356.

Shears N, Babcock R (2003) Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine

reserve protection. Marine Ecology Progress Series 246: 1–16.

Vigliola L, Harmelin-Vivien ML, Biagi F, Galzin R, Garcia-Rubies A, Harmelin JG, Jouvenel JY, Le Direach-Boursier L, Macpherson E, Tunesi L (1998) temporal patterns of settlement among sparid fishes of the genus *Diplodus* in the northwestern Mediterranean. Marine Ecology Progress Series 168: 45-56.

Worm B *et al.*, (2009) Rebuilding global fisheries. Science 235: 578–585.

Zabala M, Garcia-Rubies A, Louisy P, Sala E (1997a) Spawning behavior of the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). Scientia Marina 61: 65-77.

Zabala M, Louisy P, Garcia-Rubies A, Gracia V (1997b) Sociobehavioral context of the reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). Scientia Marina 61: 79–98.



# La protecció i valorització del medi natural, una estratègia de regeneració de destins turístics consolidats

Josep Capellà <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Assessor de l'Àrea de Turisme de l'Ajuntament de Torroella de Montgrí i l'Estartit



## Introducció

En matèria de desenvolupament turístic, és evident que les característiques de l'entorn entès en un sentit ampli (paisatges, recursos naturals, formes de vida, patrimoni històric i cultural, etc.) són el factor clau d'atracció de visitants. No és d'estranyar per tant que la Costa Brava es convertís al llarg de la segona meitat del segle XX en un dels destins de referència dins el context turístic europeu. La proximitat als mercats europeus, l'evolució de les tecnologies del transport, l'exotisme que representava la nostra manera de viure, els paisatges, unit a la diferència en el cost dels productes i serveis en relació amb aquests mercats, van ser els ingredients complementaris d'aquest creixement espectacular de l'activitat econòmica i social als nostres pobles.

En aquest context, Torroella de Montgrí i l'Estartit va ser un dels municipis capdavanters a tenir presència en aquests mercats, especialment a França i el Regne Unit, a partir de l'interès que van tenir en la seva programació els operadors turístics i agències de viatges, principalment d'aquest últim país, tal com descriu Eugeni Llos Pagès<sup>1</sup> en diferents articles publicats en el Llibre de la Festa Major de Torroella de Montgrí.

A principis dels anys vuitanta del segle passat, després de més de 20 anys d'activitat, l'oferta turística comptava amb unes 3.000 places en hotels i hostals, al voltant de 16.000 en apartaments i cases de lloguer i unes 5.000 parcel·les en càmpings.

El factor principal d'atracció per aquests mercats consistia en l'excel·lent platja de sorra fina, de poca profunditat, ideal per a famílies. De fet, aquest era el eslògan que de forma reiterada utilitzaven aquests operadors en els seus catàlegs. L'evolució dels mercats i dels destins competidors i la integració d'Espanya en la Comunitat Econòmica Europea feia, però, que els principals factors que havien permès aquest creixement tan espectacular s'anessin diluint.

La pèrdua de competitivitat en els costos dels serveis, l'aparició de nous destins dins i fora de l'àrea mediterrània, el canvi en les motivacions de la demanda europea en les seves activitats vacacionals i la dimensió reduïda de la nostra oferta d'allotjament hotelera significaven serioses amenaces per mantenir la competitivitat com a destí turístic. Es començava a fer evident la necessitat d'un canvi de model en el qual la singularització de l'oferta i els atributs del territori hi podien jugar un paper molt més determinant.

En aquest context és quan l'estratègia en matèria de dinamització turística que han anat seguint els diferents governs municipals a partir dels primers ajuntaments democràtics s'ha basat en assegurar la conservació i valorització dels recursos naturals, culturals i paisatgístics del municipi com a elements de singularització del destí.

Això ha de permetre que el turisme de sol i platja es mantingui i que es puguin desenvolupar noves activitats recreatives en el medi natural que busquen entorns de qualitat per a la seva pràctica: activitats nàutiques i subaquàtiques, senderisme, cicloturisme, etc.

---

<sup>1</sup> "Abans d'oblidar-ho. Memòries del turisme a l'Estartit". Publicats al Llibre de la Festa Major de Torroella de Montgrí 1999, 2001 i 2009.

Els atractius naturals, paisatgístics i culturals del municipi de Torroella de Montgrí-l'Estartit (el Montgrí, les illes Medes, el Baix Ter, el Festival de Música, els museus, les festes, la dinàmica cultural i associativa, etc.) es converteixen en el seu principal reclam turístic i han permès vertebrar un destí respectuós amb el seu patrimoni i receptiu a les noves tendències de la demanda turística.

Entre les actuacions realitzades que han tingut una major incidència en aquesta aposta per un canvi de model, hauríem de destacar com a determinants les següents:

- La planificació urbanística municipal (Plans Generals d'Ordenació Urbana els anys 1983 i 2002) que va reduir el sòl urbanitzable previst, l'alçada de les edificacions, l'augment del sòl destinat a equipaments i zones d'esbarjo, parcs i jardins, la protecció dels principals espais d'interès natural del municipi, la potenciació del nucli antic de Torroella i la protecció del sòl agrari, entre d'altres mesures.

Tal com esmenta Jordi Bellapart en el Llibre de la Festa Major de l'any 2008, el Pla del 1983 "va repercutir en una recuperació de l'autoestima de la població envers el seu territori" i va evitar un model d'urbanisme turístic intensiu com han patit altres destins litorals.

- La declaració de les illes Medes com a Àrea Protegida. A proposta de l'Ajuntament, l'any 1983 la Generalitat de Catalunya dicta les primeres normes de protecció que s'amplien l'any 1985. La Llei 19/1990 del Parlament de Catalunya, de conservació de la flora i fauna del fons marí de les illes Medes consolida aquesta normativa inicial, amplia l'àmbit de protecció i la dota d'instruments més efectius de gestió.
- La inclusió del Massís del Montgrí en el Pla d'Espais d'Interès Natural de Catalunya (1993) i la consolidació d'aquesta voluntat de conservació l'any 2010 a través de l'aprovació del Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter.
- La gestió de dos projectes LIFE NATURA basats en la restauració i ordenació dels sistemes costaners i recuperació dels hàbitats de la desembocadura del riu Ter (1999-2003 i 2004-2007), amb el suport de l'Institut d'Ecologia Aquàtica de la Universitat de Girona.
- La participació en altres programes europeus de valorització de les activitats nàutiques i pesqueres (MARIMED) i de construcció de nous equipaments culturals (FEDER).
- La creació del Museu del Montgrí i Baix Ter l'any 1983 i la seva reconversió en el Museu de la Mediterrània (any 2000) com a centre de projecció del patrimoni cultural i natural del municipi.
- El suport des dels anys 1980 a l'Associació Joventuts Musicals per a la consolidació del Festival de Músiques de Torroella de Montgrí, un dels més reconeguts a Catalunya.
- La creació de l'Estació Nàutica l'Estartit-illes Medes, una de les tres estacions fundadores de la Red Española de Estaciones Náuticas.
- La regeneració dels centres comercials i històrics de l'Estartit i Torroella de Montgrí i també la millora dels serveis a les platges, als entorns paisatgístics, la senyalització i manteniment d'una xarxa de camins, entre d'altres aspectes rellevants.

Partint de la base que el sector serveis, en qual s'inclou el turisme, és la principal activitat econòmica del municipi i genera més del 75% del Valor Afegit Brut, és lògic pensar que l'activitat turística esdevé una peça clau en les estratègies de desenvolupament endogen del municipi.

### **Turisme i desenvolupament local**

Quan es parla de turisme com a estratègia de desenvolupament local, cal tenir present la importància que hi té la gestió del territori i dels seus recursos.

Sobre la base d'uns recursos existents en un territori, l'activitat turística permet la seva valorització a través de productes turístics que afavoreixen la creació d'empreses i llocs de treball per tal de facilitar els serveis necessaris als visitants.



Font: Manual del Planificador en Turismo Rural. Secretaría del Estado de Turismo. Madrid 1992

Seguint aquest esquema, es pot apreciar que les administracions, principalment les locals, tenen un paper fonamental en la creació de productes turístics:

- Pel que fa als recursos, una bona part són de titularitat pública i correspon per tant a l'administració local vetllar per la seva conservació. És el cas de la protecció de les illes Medes, de la façana litoral (projecte LIFE), la gestió del Montgrí, els festivals de música, els museus, la rehabilitació dels nuclis antics i altres elements patrimonials.
- Pel que fa als serveis, és evident que una bona part dels que condicionen la qualitat dels productes turístics són gestionats també per l'ajuntament: neteja, ordenació i gestió del territori, serveis assistencials, seguretat, informació, etc. I de la forma en què es gestionen i són percebuts pels clients dependrà l'atractivitat del destí.

Als serveis gestionats per les administracions, s'incorporen els serveis privats. Per això es diu que el producte turístic té un caràcter mixt, i per a la seva eficàcia en la gestió es necessita la cooperació de tots els prestataris.

## Tendències i evolució de l'activitat turística

Davant l'estandardització evident de molts destins turístics tradicionals, es percep una exigència cada vegada més notable per part dels consumidors cap a productes més singulars, que siguin representatius del territori, de la seva estructura socioeconòmica i que generin noves experiències als visitants. Així, veiem que alguns productes que es van començar a desenvolupar d'una forma tímida a partir de la dècada dels noranta com a complement a les estades tradicionals de vacances, s'estan transformant en productes substitutius que atrauen l'interès de segments creixents de consumidors.

El rol d'aquests nous productes en la valorització i posicionament dels destins tradicionals es basa en les següents premisses:

- El litoral –amb els productes de sol i platja– és l'espai més preuat per a les estades de vacances. Per tant, cal anar reposicionant les zones turístiques tradicionals incorporant aquests valors territorials i adaptant els serveis i productes a les noves demandes dels consumidors.
- La qualitat d'un territori és capital econòmic i factor de competitivitat no només pel turisme, sinó també per a d'altres activitats econòmiques.
- Els nous productes de descoberta del territori són un complement a l'activitat tradicional i alhora un instrument de màrqueting rellevant, ja que només es realitzen en entorns de qualitat paisatgística i singularitat. És el cas per exemple del senderisme, el cicloturisme o l'ecoturisme, en els que l'entorn esdevé un factor clau.



Hi ha diversos documents i estudis que avalen les afirmacions precedents. A continuació, en citem tres que apunten quines són les tendències dels consumidors i dels destins turístics:

1. *L'enquesta sobre comportament vacacional dels europeus –Eurobaròmetre–*<sup>2</sup> promoguda per la Direcció General d'Indústria i Empresa de la Comissió Europea i que es realitza anualment des de l'any 2009. L'última és de gener de 2012 i ha estat publicada al març del mateix any.

Es tracta d'un informe realitzat a partir d'entrevistes telefòniques a 30.000 residents majors de 15 anys de 32 països europeus.

Una de les preguntes determinants de l'enquesta és conèixer quins són els factors que condicionarien la decisió de tornar a passar les vacances en un destí determinat. La primera resposta és "Les condicions de l'entorn" que citen el 50% dels entrevistats. En alguns països, com Holanda, França i Alemanya, el percentatge és superior a la mitjana.

Altres factors determinants són la qualitat de l'allotjament (32%), el nivell de preus (27%), la qualitat de l'acollida (24%) o les activitats que s'hi ofereixen (17%).

2. En el document *Turisme cap el 2030*<sup>3</sup>, publicat per l'Organització Mundial del Turisme (UNWTO), es pronostica que les arribades de turisme internacional al món es duplicaran al 2030, arribant als 1.800 milions, amb un creixement anual mitjà del 3,3%.

Es puntualitza que tot i que el creixement previst ofereix moltes possibilitats per a les destinacions turístiques consolidades, també es plantegen reptes pel que fa a la *maximització dels beneficis socials i econòmics* del turisme i alhora, a la *minimització dels seus impactes negatius*. En altres paraules, el desenvolupament del turisme ha de ser guiat pels principis del desenvolupament sostenible.

3. A la publicació *Turisme 2020: Polítiques per promoure un turisme competitiu i sostenible*<sup>4</sup> publicat per l'Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic (OCDE), en la que s'analitzen els reptes als quals s'exposa el turisme mundial a llarg termini, tenint en compte conceptes com globalització, impacte en l'economia, sostenibilitat i canvi climàtic, recursos humans, competitivitat, etc., hi ha alguns elements de reflexió que considerem rellevants:

- En paral·lel a la globalització del món actual, els mercats turístics també evolucionen. En els països desenvolupats, nous valors socials, estils de vida i demografia es reflecteixen cada vegada més en canvis en la demanda turística.

---

2 [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/flash/fl\\_334\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_334_en.pdf)

3 [http://pub.unwto.org/WebRoot/Store/Shops/Infoshop/4E98/07B6/A1D8/382D/5B35/C0A8/0164/3066/111014\\_TT\\_2030\\_global\\_overview\\_excerpt.pdf](http://pub.unwto.org/WebRoot/Store/Shops/Infoshop/4E98/07B6/A1D8/382D/5B35/C0A8/0164/3066/111014_TT_2030_global_overview_excerpt.pdf)

4 Disponible a la biblioteca online de la OCDE <http://www.oecd-ilibrary.org>

- Els efectes d'aquests canvis es poden veure en la creixent fragmentació dels mercats turístics i en el sorgiment de nous nínxols de mercat, entre d'altres el turisme actiu i de natura.
- El turisme contribueix virtualment a totes les indústries de l'economia creant lligams vitals amb altres sectors. Per això és necessari estimular la promoció del diàleg, la cooperació i les aliances entre les diferents parts interessades dins l'administració, el sector privat i les comunitats locals.
- El canvi climàtic exigeix que la indústria turística ha d'estar cada vegada més conscienciada sobre la sostenibilitat mediambiental de les seves accions. L'entorn juga un paper clau en la determinació de la viabilitat i l'atractiu de les destinacions turístiques per als visitants.
- El creixement de la demanda de productes i serveis únics i especialitzats fa que els operadors petits i de nínxol tinguin encara un paper fonamental.

## Les illes Medes, un cas d'estudi sobre l'impacte dels nous productes turístics en destins madurs

L'any 1983, amb motiu de la publicació d'un decret per part del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya, de regulació de l'extracció de corall en el litoral català –que deixava les illes Medes com a zona en què es podia portar a terme aquesta activitat– es va considerar que era el moment oportú per demanar la creació d'una reserva marina a les illes Medes.

Es van recuperar documents, principalment la proposta publicada l'any 1971 a la revista *Inmersión y Ciencia* pel professor Antoni Ballester sobre la possible creació d'un "Parque Reserva Submarino"<sup>5</sup>.

Va ser també determinant la publicació del llibre *Els sistemes naturals de les illes Medes* de Joandomènec Ros, Ignasi Olivella



Fotografia 1. Àlex Lorente

<sup>5</sup> Revista *Inmersión y Ciencia*. Desembre 1971. Es pot consultar també la notícia a *La Vanguardia* de l'any 1972: <http://hemeroteca.lavanguardia.com/preview/1970/08/26/pagina-49/34271901/pdf.html?search=el+parque+submarino+de+las+islas+medes>

i Josep M<sup>a</sup> Gili. En aquest cas, es tracta d'un extens document que recull la recerca realitzada fins el moment per diversos investigadors i que identifica fins a 1.345 taxons marins en aquesta àrea. A la vista de la seva riquesa biològica, demana la protecció de les Medes i recupera també la proposta del professor Ballester.

Per a la presentació del primer projecte de sol·licitud d'un estatus de protecció per a l'arxipèlag, es va arribar a un acord previ amb el sector turístic (sobretot hotels i centres de busseig) i amb la Confraria de Pescadors per tal de consensuar alguns beneficis per als locals, alhora que se'n plantejaven algunes restriccions d'ús.

Però en lloc d'acceptar aquest acord previ, el Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya<sup>6</sup> va decretar les primeres normes de protecció en un radi de 75 m a l'entorn de les illes Medes, que autoritzaven un accés totalment lliure als submarinistes i en canvi, prohibia l'activitat pesquera tradicional.

## Recuperació de la fauna marina... i dels submarinistes

En poc temps, la restricció de la pesca i les mesures de protecció van permetre una recuperació espectacular de la fauna marina, que es feia evident no només per als submarinistes, sinó per a tots els usuaris que visitaven les illes.

L'Oficina municipal de Turisme va portar a terme una estratègia de màrqueting per promoure l'Estartit com a destinació de busseig. Les primeres accions van consistir a fer conèixer la Reserva Marina als mitjans de comunicació i líders d'opinió.

Algunes de les activitats desenvolupades durant els primers 12 anys van ser:

- 50 mitjans de comunicació internacionals, especialment de França, Itàlia i l'Estat espanyol van fer reportatges sobre l'Estartit i les illes Medes.
- Es va participar a 12 fires o salons professionals diferents, vinculats a les activitats subaquàtiques i nàutiques en general.
- Es van fer presentacions en 23 conferències i seminaris de temàtiques relacionades amb gestió turística, àrees marines protegides i desenvolupament local.

Les accions de comunicació no es van adreçar únicament a promoure l'Estartit en els mercats turístics, sinó que també es va voler incidir molt especialment a difondre els beneficis de la protecció en fòrums internacionals i en publicacions tècniques (Jenner i Smith 1992; Capellà *et al.*, 1998; Vourc'h i Natali 2000; Red de Autoridades Ambientales 2001; Sunyer 2001).

---

<sup>6</sup> En l'Ordre de prohibició de la pesca i extracció de recursos marins vius al litoral de les illes Medes de 25 de novembre de 1983.

Malauradament, les activitats de busseig van créixer molt més del que s'havia previst, a causa de la manca de mecanismes de control del nombre de submarinistes.

Alguns periodistes que havien estat invitats diverses vegades a la zona escrivien al principi de la protecció que el més espectacular de les illes Medes era la ràpida recuperació de la fauna marina. En canvi, a principis dels noranta el que destacaven era la quantitat i diversitat d'ulleres, tubs, aletes i bombolles. Fins i tot, una revista francesa de busseig va publicar un article on caracteritzava les Medes com "L'usine de la plongée" és a dir, la fàbrica del busseig.

S'estava perdent la singularitat i qualitat que havia portat a la seva protecció. Així mateix, l'impacte ecològic sobre la biodiversitat va començar a ser preocupant, tal com indicaven els informes científics de la Reserva (Zabala, 1999, entre d'altres).

Per exemple, el nombre de centres de busseig es va multiplicar en pocs anys i la seva activitat no es desenvolupava sota paràmetres de sostenibilitat. La manca d'un control sobre la capacitat de càrrega provocava que l'activitat principal dels centres de busseig fos únicament la de transportar submarinistes a les illes, donant un servei amb poc valor afegit.

## Noves normes per a una gestió més efectiva

La Llei 19/1990, de 10 de desembre, de conservació de la flora i la fauna del fons marí de les illes Medes pretenia reconduir aquesta situació, atorgant-li l'estatus d'Àrea Protegida.

Entre les principals novetats que proposava la nova reglamentació, cal destacar:

- La redacció d'un Pla d'Usos i Gestió de l'espai per ordenar les activitats i assegurar-ne la conservació.
- L'augment de la superfície protegida (de 75 a 200 m a l'entorn de les illes, a més d'una àrea parcialment protegida d'una milla quadrada aproximadament).
- La restricció de noves llicències per a activitats comercials (de busseig i de vaixells turístics).
- La reducció del nombre d'immersions (màxim 450 per dia) i l'establiment d'una taxa per permetre el seu control.
- Fixació d'itineraris per als vaixells turístics per tal de garantir la seguretat i evitar conflictes amb la resta d'activitats.
- Creació d'un Consell Assessor amb representants dels sectors econòmics afectats, de l'Ajuntament, d'entitats associatives i d'experts.

## Accions que es van portar a terme per gestionar una activitat turística més sostenible

La nova situació obria la porta a buscar mecanismes que fessin compatible l'activitat turística a l'Àrea Protegida amb la reducció considerable dels impactes negatius que s'havien anat generant en pocs anys.

L'Àrea de Turisme, conjuntament amb el Consell Assessor i les empreses locals, va iniciar un procés de millora de la competitivitat i la sostenibilitat de les activitats nàutiques i subaquàtiques. Les principals accions que es van implementar van ser:

- Augment del preu dels paquets de busseig. D'aquesta manera es volia posar en valor la qualitat de l'Àrea Protegida respecte a d'altres destins. També es buscava augmentar la qualitat dels serveis oferts per les empreses, com ara vaixells més confortables, més temps per a cada viatge, millor qualitat del material, etc.
- Reformulació dels paquets, incorporant-hi immersions dins i fora de l'Àrea Protegida, és a dir, a la costa del Montgrí.
- Augment de la gamma de productes que oferien els centres de busseig: cursos d'aprenentatge i de perfeccionament de tots els nivells. Els cursos per a debutants no estaven permesos dins l'Àrea Protegida.
- Promoció d'altres activitats nàutiques com vela, caiac o windsurf. En aquest sentit, l'Estartit va ser una de les tres destinacions fundadores de la Asociación Española de Estaciones Náuticas.
- Activitats d'educació ambiental per tal de millorar la qualitat de les visites als no-bussejadors, especialment famílies, grups escolars, clubs esportius, etc.

## Seguiment de la satisfacció dels submarinistes

Per conèixer el perfil dels bussejadors a les illes Medes i el seu grau de satisfacció, es va encarregar a la Universitat de Girona una enquesta específica amb 500 qüestionaris que es van distribuir des del juliol de 1998 a juny del 1999.

Dels resultats obtinguts destaca que el motiu principal dels bussejadors per triar l'Estartit com a destí, era la qualitat i grau de conservació del medi marí. El perfil tipus del submarinista era:

- Home de mitjana edat, entre 31 i 45 anys
- Majoritàriament català i francès (també alemanys i belgues)
- Nivell professional i d'estudis mitjà-alt



- Submarinista experimentat, vinculat a algun club
- No era el primer cop que visitava les Medes. Les havia conegut a través dels amics i dels clubs.
- Allotjament en establiments hotelers.

#### **Opinions sobre les immersions i l'Estartit:**

- Valorava molt positivament les diferents zones de l'Àrea Protegida, la diversitat de les immersions.
- Puntuava molt alt els centres de busseig i en valorava principalment la qualificació dels monitors, la qualitat de les barques i la durada de les sortides i immersions.
- Estava interessat a assistir a cursos per aprofundir en el coneixement sobre les illes.
- Es decantava per immersions lliures, sense guiatge.
- Les activitats complementàries al busseig eren anar a la platja, practicar esports nàutics i visitar altres localitats de la Costa Brava.
- En general, l'estada a l'Estartit s'ajustava a les seves expectatives.

Actualment, caldria realitzar una nova enquesta per visualitzar l'evolució en el perfil i opinió dels submarinistes que permeti dissenyar una estratègia de futur. A nivell mundial, s'ha detectat un estancament en el nombre de nous practicants i per tant, cada cop és més important posicionar-se com a destí de qualitat.

## Les activitats d'educació ambiental

En els anys noranta, l'educació ambiental havia de significar un dels factors principals de la nova activitat turística. Tot i això, els centres de busseig no veien viable econòmicament organitzar aquest tipus d'activitats, malgrat que ja estaven molt consolidades en altres reserves marines i destins de busseig com ara el Parc Nacional de Port Cros, a França, Miramare i Ustica a Itàlia, Florida o les illes Cayman.

Per mostrar-ne els beneficis, l'Oficina Municipal de Turisme va decidir liderar la iniciativa contractant un biòleg marí durant la temporada d'estiu per tal que organitzés un programa d'itineraris submarins comentats (*seawatching*).

El programa consistia en una hora de sessió teòrica d'explicació de l'ecosistema marí i una sortida en barca de dues hores a les illes Medes, acompanyats d'un monitor. Es facilitava també una guia submergible que ajudava a identificar les espècies més habituals. Aquesta iniciativa va tenir molt d'èxit, tal com expressaven els participants amb comentaris orals i escrits.

El programa es va estendre a escolars i joves al principi i final de la temporada d'estiu. El creixement d'aquesta iniciativa va fer necessari el suport dels centres de busseig a través de monitors de reforç i de vaixells de major capacitat que la llanxa que es venia utilitzant.

Aviat alguns centres van adonar-se que efectivament aquest podia ser un producte complementari amb el busseig i van començar a comercialitzar-lo directament, per la qual cosa l'Oficina de Turisme va decidir deixar de fer-la després de 3 anys d'activitat.

Avui dia, els centres de busseig tenen vaixells específics per a les sortides de *snorkeling*, i el nombre d'usuaris –que també paguen una taxa específica a l'Àrea Protegida– és d'uns 12.000 cada any. Això ha permès per tant reduir l'impacte en l'ecosistema de les illes, mantenir l'activitat de les empreses turístiques de la localitat i millorar l'experiència dels visitants que –tot i no ser bussejadors– volen gaudir de l'espectacularitat dels fons marins.



Fotografia 2. [www.enestartit.com](http://www.enestartit.com)

## Evolució de l'activitat turística

El desenvolupament de l'activitat turística a l'Estartit en els últims 25 anys està directament vinculada a la protecció de les illes Medes i a les activitats subaquàtiques (Calabuig 2001).

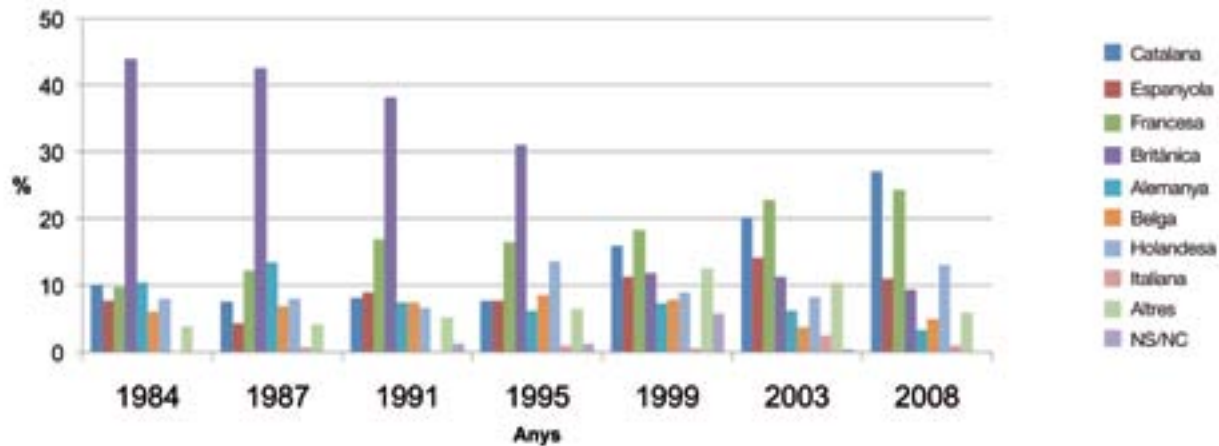
Des de mitjan 1980 es feia evident la disminució dels fluxos de turistes britànics de “sol i platja” que viatjaven a través de tour operators (Mundet 2001), i, per tant, s'havien de crear productes turístics alternatius i potenciar factors d'atractivitat diferenciats per captar nous segments de visitants.

L'evolució en la tipologia de visitants s'evidencia en analitzar els resultats de les enquestes realitzades cada 4 anys des de l'Oficina de Turisme de l'Estartit, a partir del 1984. Pel que fa a nacionalitats, els turistes britànics –que significaven més del 40% l'any 1984– van disminuir fins a un 10% el 2003, mentre que el pes específic de catalans i francesos anava augmentant de forma considerable.



Fotografia 3. [www.enestartit.com](http://www.enestartit.com)

## Nacionalitat dels visitants 1984 - 2008



Font: Enquestes realitzades des de l'Oficina de Turisme. Canvi de metodologia l'any 2008

Quant a la motivació de les vacances, el canvi també és significatiu, amb una disminució d'interessos lligats al descans i un augment dels vinculats a experiències: “fer esport”, “conèixer la zona” i “contacte amb la natura”.

## Motivació de les vacances a l'Estatit

	1984	1987	1991	1995	1999	2003	1984-2003	2008
Descansar	80,1	78,3	81,2	82	79,3	76	⬇️	57,9
Divertir-se	44,6	42,6	45,4	51,7	45	42,7		opció no inclosa
Conèixer altre gent	17,1	16,9	15,7	20,3	19,8	13,8		opció no inclosa
Fer esport	12,2	12,6	15,3	18,2	21,3	23,3	⬆️	17,4 fer activitats
Prendre el sol i banyar-se	66,5	65,7	53,5	58,3	58,5	51	⬇️	51,5
Conèixer la zona	48,8	49,4	51,7	54,5	63,3	63,8	⬆️	25,3
Contacte amb la natura	21,5	25,6	24,8	36,7	42,5	35	⬆️	8,4
Altres	0	0	0	0	3,5	4		2,6

Font: Enquestes realitzades des de l'Oficina de Turisme. Canvi de metodologia l'any 2008 <sup>7</sup>

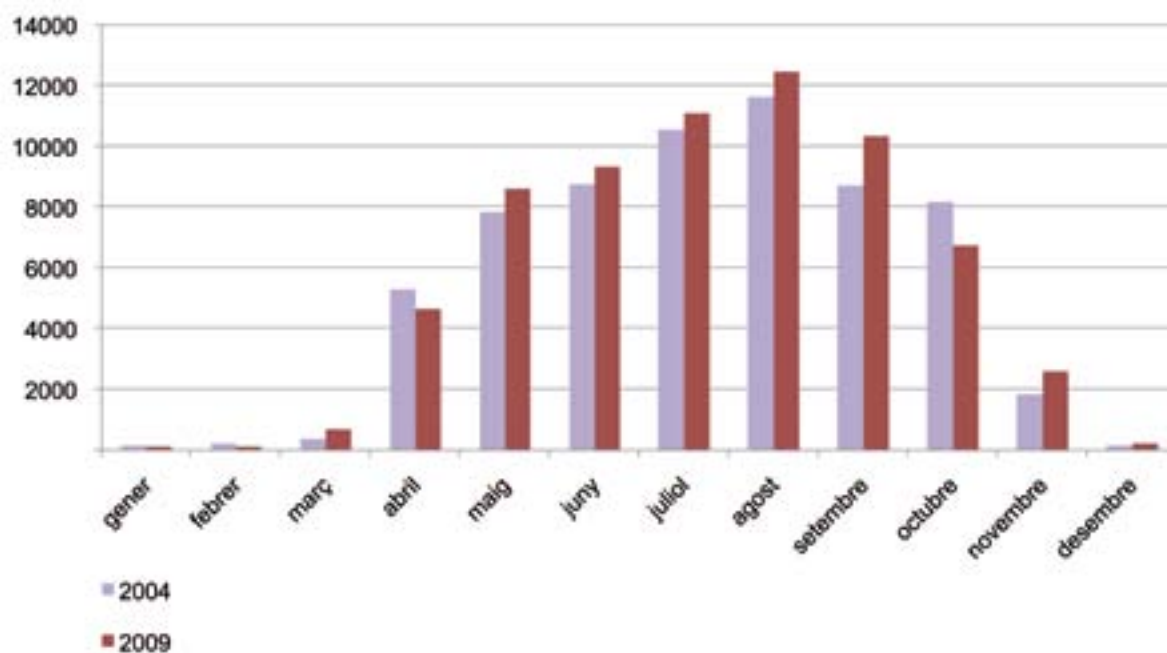
<sup>7</sup> Canvi de metodologia al 2008 amb més opcions: sortir de nit / estar amb la família / visitar família i amics / sempre hi vinc / feina. Total 42,6%.

## Impacte social i econòmic de les illes Medes

A més d'una millora de la imatge turística del destí, la protecció de les illes Medes ha tingut un impacte molt important en l'activitat turística del municipi en generar nous llocs de treball, noves activitats i un allargament de la temporada turística per a una bona part de l'oferta d'allotjament i de serveis.

Per a molts establiments i empreses del municipi que es beneficien de l'activitat del busseig directament o indirectament, la durada de la temporada turística s'allarga de 3 mesos (temporada habitual per als productes de sol i platja) a 7 mesos. Ho podem veure en la distribució del nombre d'immersions en els anys 2004 i 2009, i en que el volum és molt elevat no només en temporada alta, sinó també en els mesos d'abril a juny i setembre-octubre, fins i tot novembre.

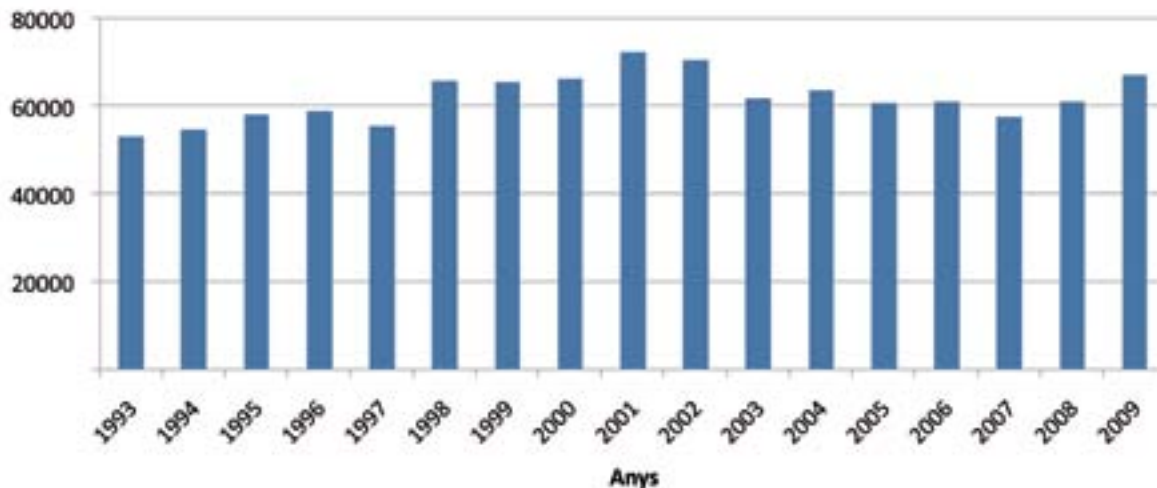
### Distribució mensual del nombre d'immersions a les illes Medes. Anys 2004 i 2009



Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'Àrea Protegida de les illes Medes

També en la gràfica que segueix es pot observar que, malgrat la restricció del nombre d'immersions per dia a l'Àrea Protegida –la qual cosa limita l'augment en èpoques de temporada alta–, el total anual segueix una tendència de creixement entre els anys 1993 i 2009. Això vol dir que les immersions es distribueixen de forma cada vegada més homogènia al llarg dels 7 mesos de major activitat.

### Evolució del nombre d'immersions dins l'Àrea Protegida de les illes Medes

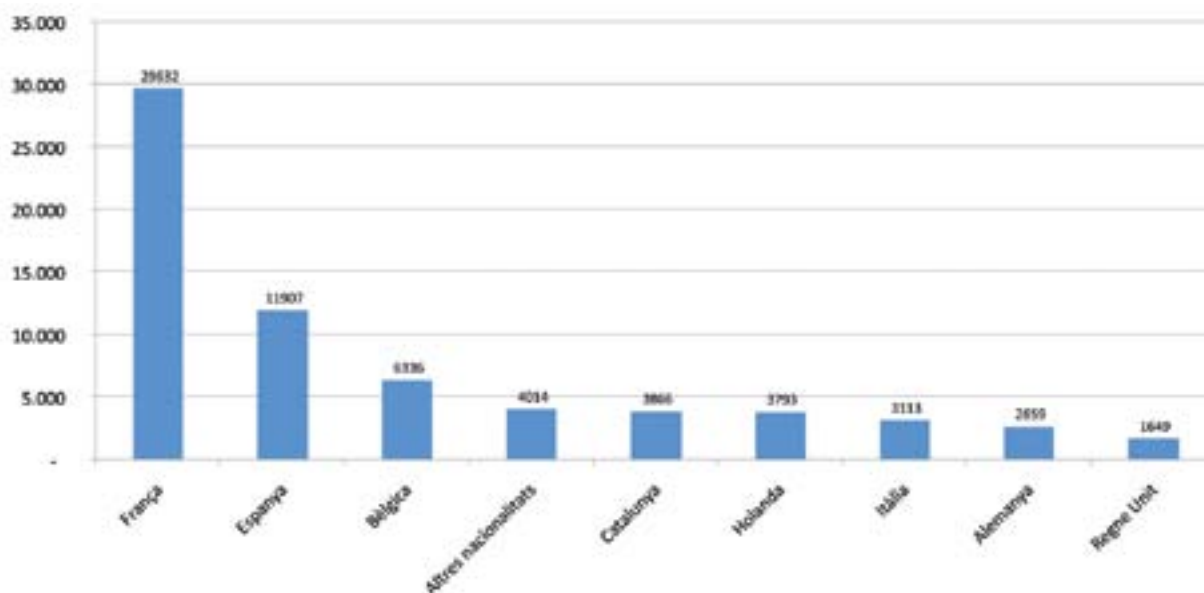


Font: Àrea Protegida de les illes Medes

La situació estratègica del port, on es concentra l'activitat de busseig, i el centre comercial i lúdic (terrasses, restaurants) permet una relació directa entre la temporada de busseig i el període d'obertura de molts d'aquests establiments.

Pel que fa a nacionalitats, els mercats que s'havien triat com a prioritaris durant els anys vuitanta, que eren França, Espanya i Itàlia, són actualment els més importants. El repte des de fa uns anys és aconseguir que hi hagi una menor dependència del mercat francès i augmentar els factors d'atractivitat per a d'altres nacionalitats.

### Distribució del nombre d'immersions dins l'Àrea Protegida, per nacionalitats. 2009





Pel que fa a l'impacte econòmic, es disposa d'una estimació realitzada basant-se en dades del 2009, a partir de les diverses activitats que es realitzen a la zona.

#### Usuaris d'activitats nàutiques a l'Estartit

Immersiones de particulars	3.000	immersiones
Immersiones a través de centres de busseig	64.000	immersiones
Immersiones fora de la Reserva	12.800	immersiones
Snorkeling a través de centres	12.000	persones
Excursions marítimes	125.000	persones
Estimació banyistes en embarcacions privades	25.000	persones
Caiaç	6.000	persones

El cost de cada una de les activitats (incloent-hi la taxa en cas que es realitzi dins l'Àrea Protegida), més l'estimació de la despesa indirecta en allotjament, establiments comercials i altres serveis, donava com a resultat que l'any 2009 l'impacte econòmic de la protecció de les illes Medes es podia xifrar en més de 10 milions d'euros anuals.

També es van estimar unes 50.000 pernотacions anuals de bussejadors, majoritàriament en hotels, el que representava més del 20% de l'ocupació d'aquest tipus d'establiments.

#### Impacte econòmic de la protecció de les illes Medes

Submarinisme, snorkeling i caiaç	7.425.600 €
Excursions marítimes	2.750.000 €
<b>TOTAL</b>	<b>10.175.600 €</b>

En el càlcul anterior no s'ha tingut en compte la despesa d'acompanyants no submarinistes o altres conceptes, com ara la compra de finques de segona residència o amarradors en el port esportiu per part de bussejadors habituals, que ha estat rellevant.

Pel que fa als ingressos derivats de la taxa per les activitats subaquàtiques (busseig i snorkeling), l'any 2009 van ser de 234.500 euros, el que significava el 48% del pressupost total de gestió de l'Àrea Protegida.

D'altra banda, s'ha calculat que les activitats associades a l'Àrea Protegida generen uns 200 llocs de treball incloent el personal adscrit a l'Àrea Protegida, tripulacions, monitors (de busseig, de snorkeling i d'educació ambiental), comercials, administratius, etc., sense tenir en compte el personal vinculat als tallers de manteniment d'embarcacions i/o altres serveis auxiliars. Com es pot apreciar, en la major part

dels casos es tracta de personal amb una qualificació elevada, en general superior a la que es demana en el sector turístic.

#### **Incidència en l'ocupació de la zona**

Llocs de treball directes:	7% de la població censada
200 persones aprox.	

Cal destacar que, malgrat la situació actual de crisi econòmica, el nombre d'empreses vinculades a activitats nàutiques i recreatives en el medi natural ha continuat creixent aquests últims anys.

## **Els projectes Life: un nou instrument de protecció i valorització dels recursos naturals**

En el primer apartat d'aquest document s'ha esmentat que entre els principals atractius del municipi destaca la Gola del riu Ter i la platja, que conserva en molt bon estat les dunes litorals i zones d'aiguamolls.

El municipi ha estat beneficiari de dos projectes LIFE NATURA basats en la restauració i ordenació dels sistemes costaners i recuperació dels hàbitats de la desembocadura del riu Ter (1999-2003 i 2004-2007), que, a més, han donat rigor científic a l'aposta per la protecció i valorització d'aquesta zona, subjecta a una forta pressió urbanística.

De fet, el procés de desqualificació urbanística de la Pletera a través de la seva inclusió a la zona marítim-terrestre significa un cas únic en el nostre litoral, pendent encara, però, de l'actuació que faci possible el retorn al seu estat original un cop siguin retirades les runes del passeig marítim i dels vials construïts.

Una de les últimes accions d'importància estratègica que s'han realitzat, conseqüència de la declaració de Parc Natural l'any 2010, ha estat la presentació del projecte *LIFE Montgrí, Medes, Baix Ter. An environmental awareness strategy*, en què es visualitza la voluntat de cooperació entre les institucions del territori (Ajuntament, Parc Natural, Estació Nàutica) i el suport d'entitats i empreses locals en el seu cofinançament (Fundació Mascort, Càmping Delfín Verde). És una mostra per tant que es continua apostant en la valorització del territori com a element d'identitat de la nostra oferta turística.

L'objectiu principal del projecte és dissenyar i impulsar entre els diferents agents socials una estratègia global de sensibilització ambiental que doni a conèixer els valors ecològics dels espais naturals del Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter, la importància de la seva conservació i l'oportunitat que representa per al desenvolupament social, cultural i econòmic del territori.

## Conclusions

La qualitat paisatgística, cultural i ambiental del municipi de Torroella de Montgrí-l'Estartit continua significat una gran oportunitat per promoure un nou model de desenvolupament turístic basat en la sostenibilitat dels recursos naturals, la generació de noves oportunitats per als veïns i la distribució justa dels beneficis d'aquesta activitat econòmica per al conjunt de la societat.

Enguany s'han identificat uns 30 operadors de França, Regne Unit, Alemanya, Holanda i Bèlgica que programen més de 45 estades que passen pel nostre municipi per practicar senderisme, cicloturisme, rutes a cavall i altres. Són operadors de petites dimensions que organitzen productes per a clients individuals o per a grups reduïts, amb estada a allotjaments confortables de l'Estartit i de Torroella. S'interessen pels productes locals i les visites al patrimoni. És un model de turisme que dóna prestigi i desestacionalitza la temporada més convencional de sol i platja.



La creació del Parc Natural del Montgrí, illes Medes i Baix Ter és una excel·lent oportunitat d'implantar aquest nou model de gestió turística basat en els principis del turisme responsable, que es sintetitzen en la frase "Crear millors llocs per viure, que seran millors llocs per ser visitats".

## Bibliografia

Calabuig J (2001) “La resposta dels municipis de la Costa Brava a la crisi del model turístic fordista”. Tesi doctoral. Universitat de Girona.

Capellà J, Donaire JA, Muñoz JC, Ullastres H (1998) *Turisme sostenible a la Mediterrània*. Guia per a la gestió local (MED Project Ulixes 21) Ed. Brau. Barcelona.

DEBAT COSTA BRAVA (1978) Ponències, comunicacions i documents de les Jornades celebrades de 20 de novembre al 18 de desembre de 1976. Ed. Cambra Oficial de Comerç i Indústria. Girona

Jenner P, Smith C (1992) *The Tourism Industry and the Environment*. The Economist Intelligence Unit. Special Report no. 2453. London.

Mundet, L. & Ribera, L. (2001). Characteristics of divers at a Spanish resort. *Tourism Management* 22 pp. 501-510.

Red de Autoridades Ambientales (2001) – Red Natura 2000 y Fondos Europeos. Conferències de la XIII Jornada Temàtica de la Red de Autoridades Ambientales.

Ros J, Olivella I, Gili JM (1984) *Els Sistemes Naturals de les illes Medes*. Volum 73 dels Arxius de la Secció de Ciència. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.

Sunyer C (Ed.) (2001) *Hacia un desarrollo rural sostenible*. Iniciativa local y Red Natura 2000. TERRA, centro para la política ambiental. La Navata (Madrid).

Vourc'h A, Natali J-M (2000) *Sites Naturels: Contribution du tourisme à leur gestion et à leur entretien*. Paris. Ed. AFIT Agence Française de l'Ingénierie Touristique.

Zabala M (1999) *Efectes biològics de la creació d'una reserva marina: el cas de les illes Medes*. A *Estudis Científics a les illes Medes*. Museu del Montgrí i del Baix Ter. Torroella de Montgrí.



CÀTEDRA  
D'ECOSISTEMES  
LITORALS  
MEDITERRANIS



Museu de la  
**Mediterrània**



Parc Natural  
del Montgrí, les Illes Medes  
i el Baix Ter



Diputació de Girona



Universitat de Girona



Ajuntament de  
Torroella de Montgrí



Generalitat de Catalunya  
Departament d'Agricultura, Ramaderia,  
Pesca, Alimentació i Medi Natural



MedRecover  
MARINE BIODIVERSITY CONSERVATION GROUP