

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

Javier Romero¹, Marta Pérez¹, Teresa Alcoverro²

¹ Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

² 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 fisicobiològic 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 m², 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

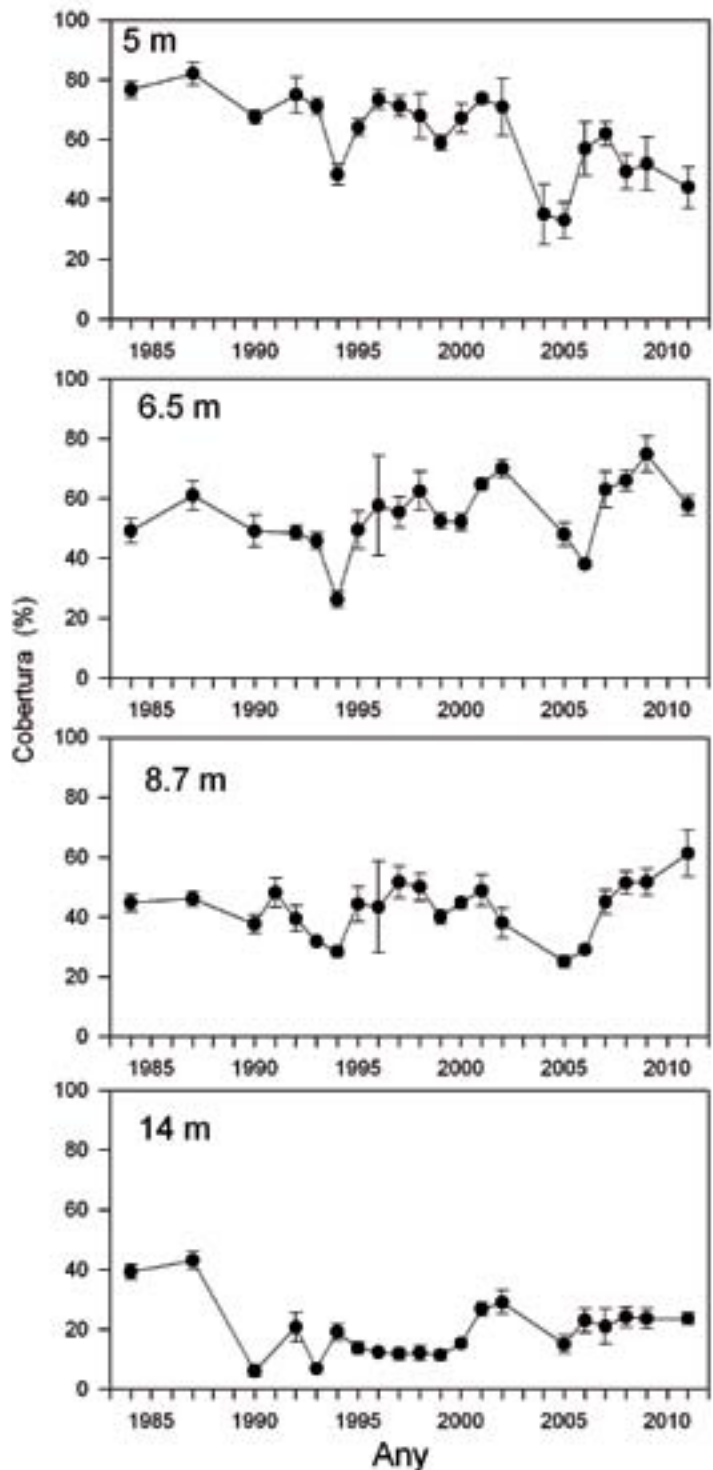


Figura 2. Resultats del seguiment (1984-2011): valors de cobertura de l'alguer. Es mostren els valors de cobertura de l'alguer (percentatge de substrat recobert per posidònia) al llarg del temps i a quatre fondàries diferents. Cada valor apareix acotat pel seu error estàndard.

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

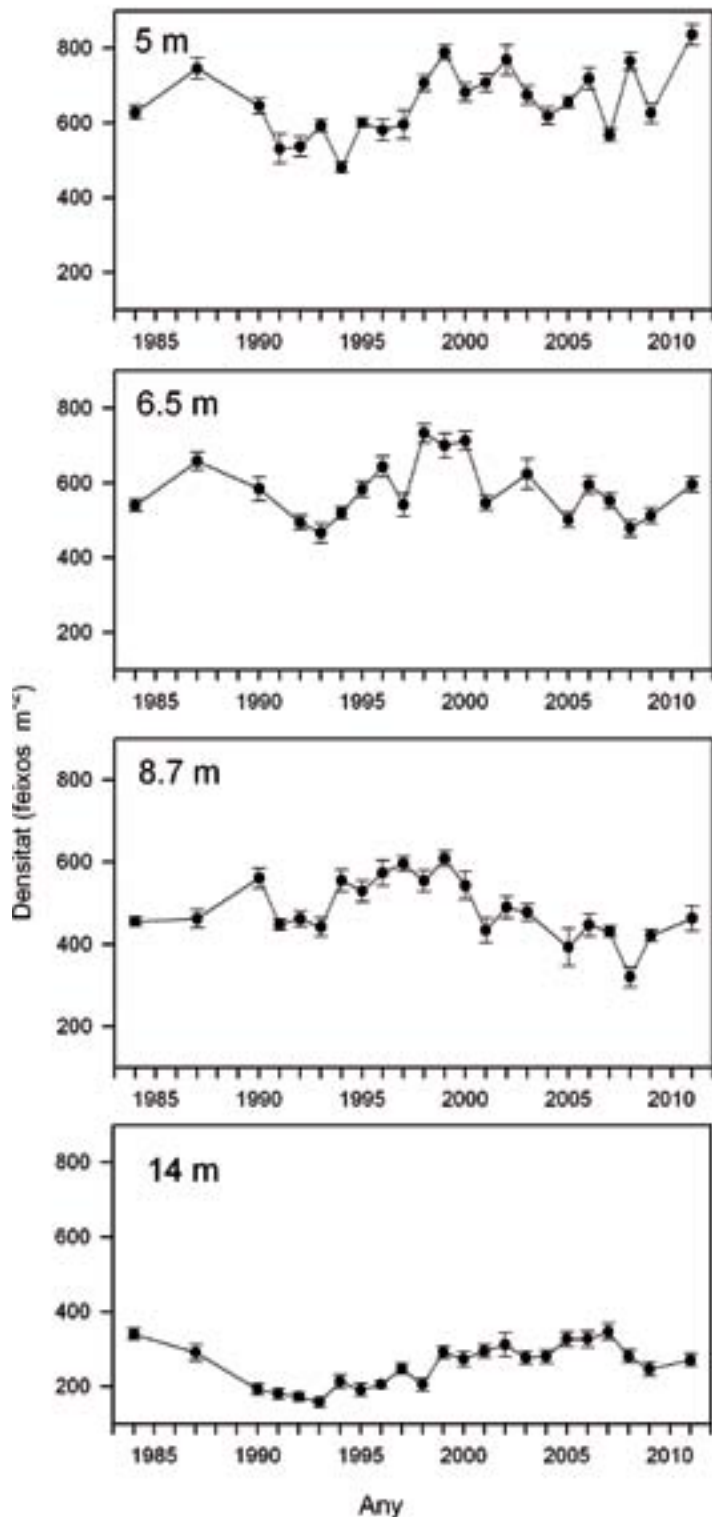


Figura 3. Resultats del seguiment (1984-2011): valors de densitat de l'alguer. Es mostren els valors de densitat de l'alguer (nombre de feixos per metre quadrat) al llarg del temps i a quatre fondàries diferents. Cada valor apareix acotat pel seu error estàndard.

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

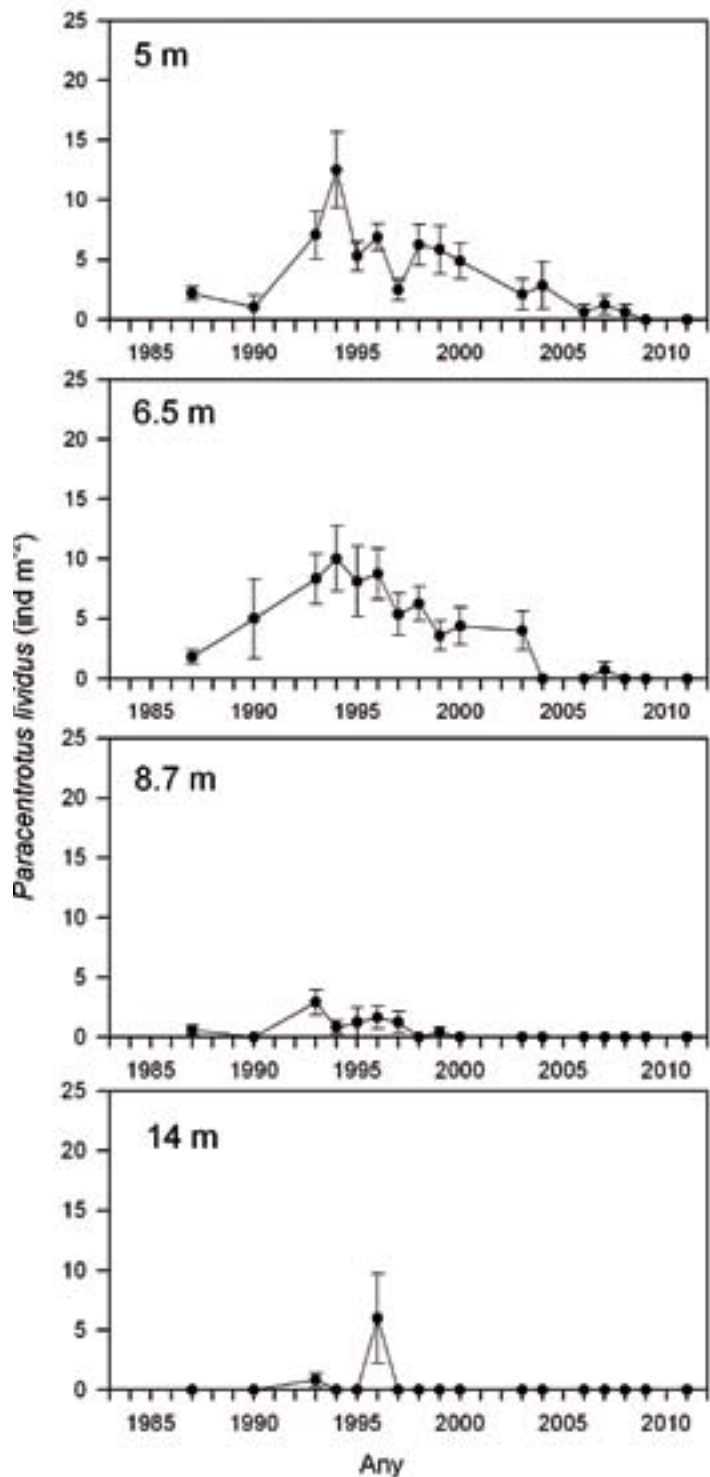


Figura 4. Resultats del seguiment (1984-2011): valors d'abundància de garotes. Es mostren els valors obtinguts per les poblacions de garotes (*Paracentrotus lividus*) de l'alguer (nombre d'individus per metre quadrat) al llarg del temps i a quatre fondàries diferents. Cada valor apareix acotat pel seu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

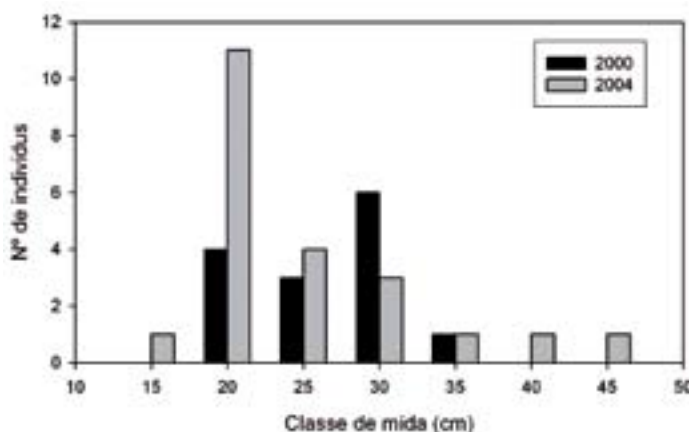


Figura 5. Abundància de nacres als anys 2000 i 2004. Es mostra la distribució de mida dels individus (longitud de closca per sobre del sediment, en classes de 5 en 5 cm) de tots els individus trobats al llarg del transsecte permanent, entre 5 i 14 m de fondària, d'uns 80 m de llargària. Es van censar 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 CO₂ 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'herbívors i carnívors, 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⁻² 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.