

Avaluació de l'estat fisiològic de les praderies de *Posidonia oceanica* a la zona de Porto Cristo (Manacor)

Antoni Sureda, Silvia Tejada

Departament de Biologia Fonamental
Universitat de les Illes Balears (UIB)

Introducció

La *Posidonia oceanica* és una fanerògama marina endèmica del Mediterrani que habita preferentment sobre substrats blans i a una profunditat variable entre 0,5 i 40 metres. Les praderies de posidònia són considerades com a bioindicadors d'un ecosistema ja que es tracta d'organismes que amb la seva presència o absència, abundància o raresa, permeten conèixer les característiques i l'estat d'un ecosistema. Per desenvolupar-se en condicions normals, necessiten aigües de bona qualitat, netes, transparents, ben oxigenades i no contaminades (Ruiz & Romero 2003). Per tant, la seva presència és representativa de la qualitat de les aigües en les quals apareix. Al contrari, la regressió que sofreixen part de les praderies és indicadora de les excessives pertorbacions a les quals en ocasions es veu sotmès el nostre litoral (Moreno et al. 2001). El seu paper dins l'ecosistema és importantíssim, ja que configuren una protecció natural de la zona costanera gràcies al fet que els seus rizomes fixen el sediment i donen lloc a estructures que esmorteixen l'acció de l'onatge (Garcia & Duarte 2001). Conformen un hàbitat que afavoreix les condicions ideals on moltes espècies d'organismes troben aliment i refugi. Una de les propietats més interessants d'aquesta planta és la capacitat de multiplicar la superfície del sòl entre 20 i 50 vegades (Buia et al. 2000). A més, per la seva localització a prop de la costa permeten retenir la sorra dels bancs submergits evitant el desplaçament a zones més profundes i afavorint el manteniment del litoral sorrenc (Hemminga & Nieuwenhuize 1990).

La població de *Posidonia oceanica* es troba en perill a causa de l'augment de temperatura associada al canvi climàtic, dels vessaments, la brutícia i l'acció

dels ancoratges que erosionen les zones poblades per exemplars d'aquesta planta (Peirano et al. 2005), a més de l'actuació d'espècies d'algues invasores (Marba & Duarte 1997; Ruiz & Romero 2003). S'ha de considerar que les Illes Balears són un dels destins turístics més importants a nivell mundial i, en conseqüència, suporta una elevada pressió humana, sobretot durant l'estiu, el que magnifica de forma considerable l'acció humana sobre aquesta espècie.

Les praderies de *P. oceanica* constitueixen un hàbitat catalogat com de protecció prioritària (Directiva 92/43/CEE del Consell, 21 de maig de 1992, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres). En la legislació de l'Estat espanyol, la transposició de la Directiva d'hàbitats es materialitza en el RD 1997/1995 (7 desembre), pel qual s'estableixen mesures per contribuir a garantir la biodiversitat mitjançant la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres, i l'objectiu global és "contribuir a garantir la biodiversitat mitjançant la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres en el territori europeu dels estats membres".

Biomarcadors com a indicadors de l'estat fisiològic d'un organisme

El metabolisme cel·lular en condicions normals és una font contínua d'espècies reactives d'oxigen (ROS) produïdes per processos cel·lulars com és la pròpia respiració. Si no són eliminades poden afectar a components cel·lulars (lípidis, proteïnes i ADN). Per això, les cèl·lules han desenvolupat un complex sistema de defenses antioxidants que eliminen i/o prevenen la formació de ROS. Aquestes defenses antioxidants també poden reparar i eliminar les molècules afectades per les ROS (Elias et al. 1999), i inclouen enzims com la superòxid dismutasa (SOD), glutatió reductasa (GR), glutatió peroxidasa (GPx) i catalasa (CAT). Tots aquests enzims antioxidants actuen eliminant les ROS, però hi ha casos en què el sistema antioxidant es veu superat per la presència de substàncies prooxidants, en aquest cas trobam una situació d'estrès oxidatiu (Lushchak 2011). Quan el sistema antioxidant ha estat superat per les espècies reactives, apareixen processos de dany cel·lular mesurables per marcadors de peroxidació lipídica com són els nivells de malondialdehid (MDA).

Hi ha nombrosos estudis en els quals es pot evidenciar clarament com la presència d'agents contaminants (metalls pesants, hidrocarburs, etc.), així com variacions brusques a l'ecosistema (canvis de pH, salinitat, etc.) o fins i tot la competència induïda per la presència d'espècies invasores, indueixen una situació d'estrès oxidatiu que es pot evidenciar amb canvis importants en els biomar-

cadors (Sureda et al. 2011; 2008). De fet, l'ús de biomarcadors per avaluar l'estat fisiològic d'espècies marines està avui dia amplament validat i acceptat dins l'àmbit de les ciències.

L'objectiu del present estudi és avaluar la situació fisiològica de les praderies de *P. oceanica* a la zona interior de Porto Cristo (Manacor), observant i avaluant de forma específica la possible afecció deguda a la marina i al pas continu de vaixells, als ancoratges, i determinar la presència d'espècies d'algues invasores que puguin suposar un deteriorament de les praderies.

METODOLOGIA

Caracterització de la zona d'estudi. La zona seleccionada és la badia de Porto Cristo, agafant 5 estacions de mostreig considerades interiors (es Morro, s'Enterrossai, es Martell, sa cova des Correu i sa punteta), i dues zones més exteriors (cala Murta i sa Merdera) com a punts de control. Per seleccionar les zones d'estudi s'ha avaluat la presència de posidònia, i s'han descartat zones on hi havia predomini de sorra. Aquest fet ha provocat que les zones elegides es trobin situades a prop de les roques, mentre que el canal central s'ha descartat per estar constituït per sorra. Les zones d'estudi es mostren a la figura 1. Les determinacions s'han realit-



Figura 1. Vista aèria de la zona de Porto Cristo en la qual s'indiquen les zones de mostreig realitzades. 1: Es Morro. 2: S'Enterrossai. 3: Es Martell. 4: Sa Cova des Correu. 5: Sa punteta. 6: Cala Murta. 7: Sa Merdera.

zat a una profunditat entre els 3-6 metres de profunditat per mitjà de busseig amb escafandre autònoma.

Avaluació de la densitat de feixos de la *Posidonia oceanica*. Mitjançant un quadrat 40x40 cm s'han realitzat 12 mesures representatives en cada estació seleccionada de determinació del nombre de feixos (densitat de feixos/m²) seguint transectes lineals d'uns 20 metres dins la zona d'estudi. La densitat de feix/m² és un bon indicador de l'estat evolutiu de la praderia, classificant-se segons els següents nivells: Estadi I: Praderia molt densa. Densitats superiors a 700 feixos/m² i amb un molt bon estat de conservació; Estadi II: Praderia densa. Densitats entre 400 i 700 feixos/m². Es tracta de praderies en bon estat de conservació; Estadi III: Praderia clara. Densitats entre 300 i 400 feixos/m². Trobam praderies amb tendència a la regressió; Estadi IV: Praderia molt clara. Densitats entre 300 i 150 feixos/m². Praderies en regressió o en estat de reorganització després de fenòmens erosius o que colonitzen superfície nova; Estadi V: Semi-praderia. Densitats inferiors als 150 feixos/m². Es tracta de praderies en la seva darrera etapa de regressió.

Característiques estructurals de les praderies. El nombre de feixos de *P. oceanica* en cadascuna de les estacions s'ha mesurat mitjançant immersió determinant un mínim de 10 mostres per cada àrea d'estudi. Amb una cinta mètrica s'ha mesurat la longitud màxima de les fulles i l'amplada màxima.

Identificació de causes aparents de pertorbació. Al llarg de les immersions s'han avaluat les possibles causes d'impacte damunt la praderia fent especial referència a possibles afeccions per ancoratges, evidència de contaminants, brutícia, etc.

Presència de l'espècie protegida *Pinna nobilis* i d'espècies invasores. Durant els transectes lineals de *P. oceanica* (20 m) es va tenir especial interès a observar la presència d'individus de *P. nobilis*, espècie vulnerable segons el Catàleg Nacional d'Espècies Amenaçades (Ordre de 9 de juny de 1999; BOE 22 juny de 1999), endèmic del Mediterrani i de gran importància mediambiental. A més, es va anotar la presència d'espècies invasores per les Illes Balears.

Anàlisis bioquímiques. Per a l'estudi dels biomarcadors, mostres de posidònia (N=12) de cada zona van esser recollides i ràpidament es van congelar amb nitrogen líquid. Les mostres es transportaren al laboratori on es van mantenir a -70°C fins al seu anàlisi. Abans de procedir al processament de les mostres, les fulles de posidònia es van netejar de tots els epífits. Les zones més basals de les fulles es van rentar amb aigua destil·lada i es van triturar en un morter en presència de nitrogen líquid. Les mostres es van homogeneïtzar amb 5 volums (pes/volum) de tampó Tris 50 mM, EDTA 1 mM, pH 7,5. Els homogenats es van

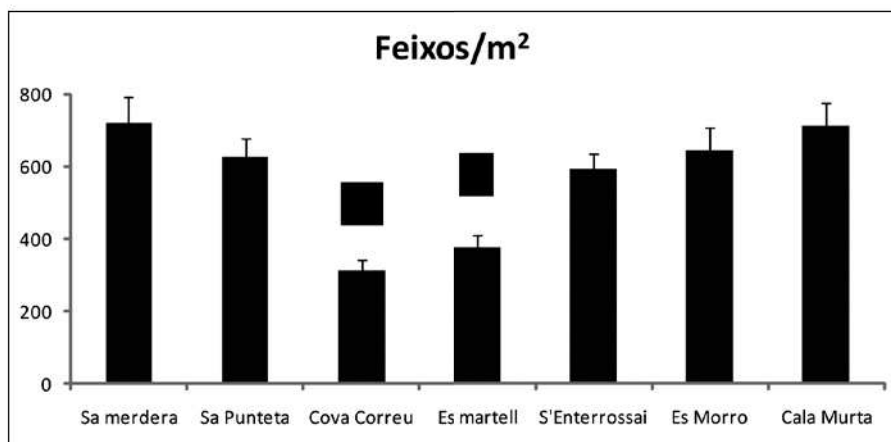


Figura 2. Densitat de feixos a les praderies de *P. oceanica* a les diferents estacions estudiades dins la zona de Porto Cristo (Manacor) expressada com feixos per metre quadrat. ANOVA d'un factor, a on * indica diferències significatives respecte a la resta d'estacions.

centrifugar (9000xg 10' 4°C) per eliminar restes cel·lulars, nuclis i mitocondris. Els sobrenedants es van usar per a les determinacions bioquímiques. Totes les anàlisis bioquímiques es troben expressades per mg de proteïna, mitjançant un kit comercial colorimètric (Biorad®) utilitzant albúmina bovina com a estàndard. La metodologia aplicada s'utilitza habitualment al nostre laboratori (Sureda et al. 2011). Les activitats de la catalasa (CAT), la superòxid dismutasa (SOD) i la glutatió peroxidasa (GPX) es van determinar per mètodes espectrofotomètrics usant un Shimadzu UV-2100 a 20°C. La peroxidació lipídica (MDA) va ser analitzada amb un kit colorimètric (Calbiochem, San Diego, USA).

Anàlisi estadístic. L'anàlisi estadístic es va dur a terme utilitzant un paquet estadístic (SPSS® 17.0). La significança estadística es va comparar per mitjà de l'anàlisi de la variança (ANOVA). Els resultats es presenten com a mitja ± error típic i una $p < 0,05$ es considerarà estadísticament significativa.

RESULTATS

Avaluació de la densitat de feixos

La densitat de feixos que presenten les praderies de *Posidonia oceanica* de les diferents àrees estudiades es presenten a la següent figura.

Les dades obtingudes mostren que hi ha una gradació en les densitats de feixos de posidònia de major a menor densitat a mesura que entrem dins la ba-

dia de Porto Cristo. Els valors de densitat de feixos ens permet observar que les zones més exteriors com són sa Merdera i cala Murta presenten un estat de conservació de les praderies molt bo amb el nivell màxim de conservació, és a dir, amb una densitat de feixos superior als 700 feixos/m². A mesura que anam entrant dins el port la densitat de feixos va disminuint. Malgrat això, les zones de sa Punteta, es Morro i s'Enterrossai presenten valors de densitat entre els 550-700 feixos/m², el que indica un grau de conservació bo amb una densitat elevada. Les dues zones més interiors, cova des Correu i es Martell, són les que presenten els valors més baixos de densitat, que de fet ens indica praderies amb tendència a la regressió. En resum, la densitat de feixos trobada a les zones estudiades indica un clar efecte puntual de l'acció humana a la seva part més interior associada als usos històrics de la zona, però que queda difuminat a mesura que ens allunyam i sortim cap a fora de la badia.

Característiques estructurals de les praderies

La següent taula reflecteix les característiques estructurals de les praderies de *P. oceanica*:

Zona	Fulles per feix	Long màxima (cm)	Amplada màxima (cm)
Sa Merdera	7,63±0,33	64,5±2,1	1,06±0,03
Sa Punteta	6,25±0,22*	50,4±1,7*	1,08±0,04
Cova Correu	3,38±0,16* #	23,1±1,5* #§	0,90±0,02 §
Es Martell	3,50±0,17* #	39,0±1,4* #	1,03±0,03
S'Enterrossai	6,63±0,69*	52,5±1,7*	1,03±0,02
Es Morro	7,63±0,17	59,1±1,8	1,04±0,02
Cala Murta	7,77±0,23	63,3±2,2	1,06±0,03

Taula 1. Característiques estructurals de les fulles de posidònia a les diferents zones d'estudi (Porto Cristo, Manacor). Estadística per mitjà d'ANOVA d'un factor. (*) Diferències significatives respecte a sa Merdera, cala Murta i es Morro. (#) Diferències significatives respecte a les anteriors més sa Punteta i s'Enterrossai. (§) Diferències significatives respecte a totes les altres zones.

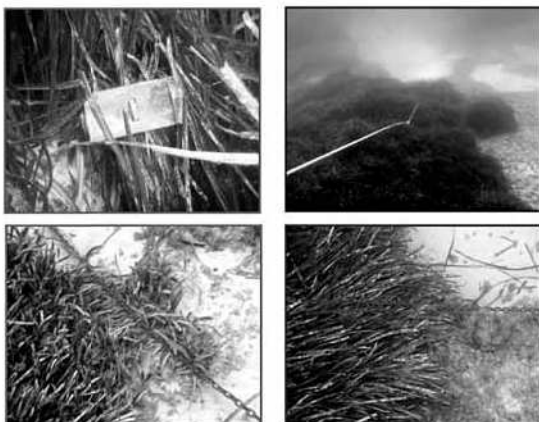
Les principals diferències es donen entre la quantitat de fulles per feix i la longitud màxima de les fulles, mentre que l'amplada màxima presenta valors molt semblants. Els majors valors de fulles per feix i longitud màxima les trobam a les zones més exteriors (sa Merdera, cala Murta i es Morro) la qual cosa indica un bon estat de conservació de les praderies. A mesura que entrem a la

zona portuària els valors van disminuint progressivament, arribant a ser pràcticament la meitat dels valors més exteriors. Pel que fa al diàmetre de la fulla, totes les zones presenten valors semblants excepte la cova des Correu, que presenta valors menors, el que és indicatiu d'un estat més precari de conservació.

Causes aparents de pertorbació a la praderia de *P. oceanica*

Durant el mesos estivals, el trànsit de vaixells al canal de sortida del port de Porto Cristo veu notablement incrementat el seu volum i es concentren gran nombre d'embarcacions que troben en aquesta cala un lloc tranquil per passar el dia. Aquest trànsit de vaixells duu, en molt de casos, una velocitat molt elevada que fa que les partícules del fons s'aixequin disminuint la transparència de l'aigua i creen moviments d'aigua que rompen fulles de la posidònia. També s'ha de destacar la desembocadura del torrent de na Llebrona al port i que la renovació dins la zona portuària és molt baixa. Aquestos dos fets duen associat que dins el port hi hagi elevades concentracions de nutrients que provoquen una major terbolesa de l'aigua. La zona portuària acumula a l'interior gran nombre d'embarcacions i instal·lacions dedicades al seu manteniment que també poden ser causa de vessaments de contaminants que van des d'hidrocarburs, olis, metalls pesants provinents de pintures, etc.

Durant les immersions es varen observar àncores tant a zones sorrenques i rocoses com a zones de mates de posidònia. Damunt les roques, el fondeig implica arrabassar algues fotòfiles de cicle de vida curt que a l'any següent o en pocs mesos seran substituïdes per altres. Pel contrari, el cicle de vida de la *P. oceanica* és més llarg i té un creixement molt lent. L'ancoratge d'embarcacions sobre la praderia suposa que la planta quedi esclafada un període variable de temps mentre la cadena i l'àncora



*Figura 3. Àncores i cadenes damunt mates de *P. oceanica* que degraden les praderies de posidònia dins la zona de Porto Cristo (Manacor). Es poden observar restes de feixos de la planta al voltant.*

estan sobre ella, i que quan l'embarcació treu l'àncora, arranqui amb aquesta i la cadena la part folial i la rizomàtica en molts de casos (figura 3). Aquest és un del principals causants de la regressió de les praderies de *P. oceanica* en molts llocs del litoral balear.

Presència de l'espècie protegida *Pinna nobilis*

La nacra *P. nobilis* és el major bivalve del Mediterrani, a més d'un endemisme de les aigües mediterrànies que està inclòs dins el Catàleg Nacional d'Espècies Protegides. La recollida d'exemplars i l'ancoratge, entre d'altres, ha estat causa d'una disminució de les seves abundàncies. Per tant, és



Figura 4. Nacra *Pinna nobilis* dins les praderies de *P. oceanica* a la zona de Porto Cristo (Manacor).

molt important gestionar-ne la conservació i la del seu hàbitat. La presència de *P. nobilis* s'ha pogut confirmar en quasi totes les àrees estudiades dins la zona de Porto Cristo, excepte les zones més interiors a on per causa del mal estat de les praderies de posidònia no troben un bon lloc on instal·lar-se (figura 4).

Presència d'espècies invasores

Durant les diverses immersions realitzades es va dur a terme una prospecció de la presència d'espècies invasores a l'espai de Porto Cristo en el seu entorn submarí. Se va constatar la poca presència de les típiques algues invasores a les aigües mediterrànies, exceptuant la invasora *Acrothamnion preissii* (figura 5). Aquesta rodofícia pot arribar a epifitar completament els rizomes de *P. oceanica*. Malgrat que no s'ha comprovat encara cap efecte sobre la *P. oceanica*, la seva presència elimina comunitats d'algues típiques com *Peyssonellia* spp., *Flabellia petiolata*. Encara que la seva presència a l'àrea estudiada no és molt àmplia, pot ser possiblement causa d'alteració de les condicions naturals dels rizomes i,

per tant, s'hauria de controlar els seus possibles efectes sobre la planta. Una altra espècie d'alga invasora que s'ha pogut observar però amb una quantitat molt petita en relació a molts altres llocs de les costes mallorquines és la *Caulerpa racemosa* var. *cilindracea*.

A més de les espècies d'algues invasores, hem pogut observar la presència del cranc *Percnon gibbesi*, encara en quantitats molt petites respecte a altres zones. Finalment, cal destacar la presència en les roques de la planta invasora *Carpobrotus edulis* o patata fregida, sobretot en la zona de sa Punteta, on clarament es veu que està sortint d'un dels xalets de la zona. Es tracta d'una planta altament invasora amb gran capacitat de recobrir i ofegar les espècies vegetals sobre les que creix, que pot afectar de forma molt negativa les espècies de *Limonium* sp. de la zona o bé el *Crithmum maritimum* o fonoll marí.

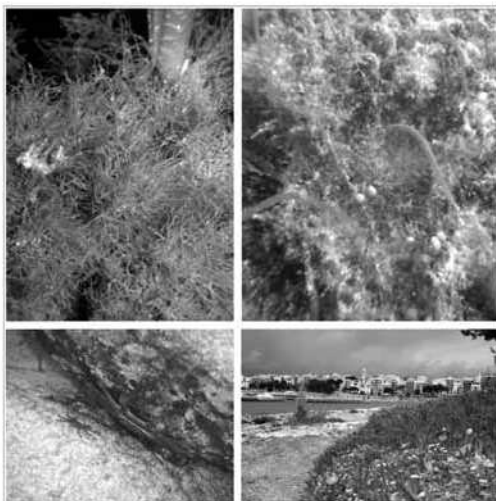


Figura 5. Detall dels rizomes de *Posidonia oceanica* epifitats per la invasora rodofícia *Acrothamnion preissi* (dalt, esquerra). Presència de *Caulerpa racemosa* var. *cilindracea* sobre algues fotòfiles (dalt, dreta). Imatge representativa del cranc invasor *Percnon gibbesi* (abaix, esquerra) i de la planta invasora *Carpobrotus edulis* (abaix, dreta).

Anàlisis bioquímiques

Zona	Catalasa	Superòxid dismutasa	Glutatió peroxidasa	MDA
Sa Merdera	64,1±6,1	6,83±0,62	1,16±0,11	6,96±0,66
Sa Punteta	71,3±7,0	7,15±0,71	1,22±0,13	7,28±0,75
Cova Correu	99,3±9,2*	8,97±0,83*	1,41±0,13#	9,41±0,91*
Es Martell	106±10*	9,12±0,90*	1,54±0,14#	9,43±0,93*
S'Enterrossai	73,2±7,1	7,23±0,71	1,29±0,13	7,34±0,75
Es Morro	69,2±7,0	6,84±0,68	1,19±0,11	7,05±0,68
Cala Murta	65,4±5,9	6,76±0,64	1,17±0,10	7,00±0,70

Taula 2. Activitat dels enzims antioxidants i del MDA com a indicador de peroxidació lipídica a les fulles de *P. oceanica* a les diferents estacions estudiades. ANOVA d'un factor, a on (*) indica diferències significatives respecte a la resta d'estacions. (#) indica diferències significatives respecte a sa Merdera, es Morro i cala Murta.

La CAT és un enzim que catalitza la transformació del H_2O_2 en aigua, i per tant és un potent detoxificador d'aquesta espècie reactiva. L'activitat de la catalasa es veu incrementada de forma important en les dues zones més properes a la zona portuària (es Martell i la cova des Correu), la qual cosa indica una major producció d'espècies reactives que requereix una major activitat de la catalasa. L'enzim GPX també elimina el H_2O_2 , però a més actua sobre els hidroperòxids lipídics que han estat oxidats i eviten que propaguin el procés oxidatiu. Aquest enzim mostra el mateix patró de resposta que la CAT, encara que l'increment d'activitat no és tan marcat ja que les diferències només són estadísticament significatives respecte a les zones més exteriors (sa Merdera, es Morro i cala Murta) cosa que indica un major grau d'estrès oxidatiu a mesura que entrem dins el port. La SOD és un enzim que s'encarrega d'eliminar l'anió superòxid (O_2^-) donant H_2O_2 , que posteriorment serà eliminat per acció de la CAT. La seva resposta és molt semblant a l'observada per la CAT amb una major activitat en les dues àrees més properes al port. El grau de dany cel·lular mesurat per mitjà del procés de peroxidació lipídica mostra una pauta molt semblant a l'observada pels enzims. Aquest augment del malondialdehid (MDA, figura 12) a les zones més interiors de la badia indica que malgrat que la planta respon a l'augment d'estrès oxidatiu incrementant les defenses antioxidants, no són suficients per evitar l'increment de dany oxidatiu que es produeix als lípids.

DISCUSSIÓ

Situació general. Els resultats obtinguts referits a la praderia de *Posidonia oceanica* a la zona de Porto Cristo mostren que aquesta es troba en un bon estat de conservació, ja que quasi totes les estacions presenten elevades densitats de feixos que es corresponen amb praderies dins l'estadi I i II, és a dir, praderies denses o molt denses segons la classificació de Giraud (Giraud 1977). A més, la presència de mata morta (indicador de regressió de les praderies) és en general baixa, només és abundant a les zones interiors de la badia que sí que estan clarament afectades per l'acció humana (cova des Correu i es Martell). En les altres zones dins la badia de Porto Cristo, la superfície de mata morta observada no és massa important i predominen les mates de *P. oceanica* alternant blocs rocósos i fons sorrencs. Tots aquests resultats basats en l'observació es veuen reforçats per les anàlisis bioquímiques, les quals evidencien que les zones més exteriors presenten un bon estat fisiològic i bioquímic, mentre que les dues zones més internes es pot dir que estan sotmeses a una situació d'estrès. Aquest estrès es manifesta amb un augment dels mecanismes de defensa antioxidant que també participen en la detoxificació de contaminants, així com amb un augment del

marcador de dany cel·lular als lípids de la planta.

Efecte dels fondeigs. Al llarg de les diferents immersions s'ha pogut evidenciar la presència de feixos de *P. oceanica* que han estat arrabassats per l'acció de les àncores damunt la praderia. S'ha d'indicar que la majoria d'embarcacions fondegen dins la zona sorrenca que es troba a prop de la cova des Correu, però sí que en ocasions s'ha pogut observar els ancoratges directament damunt la posidònia o bé sobre zones rocoses que afecten a les comunitats d'algues fotòfiles. A on també s'ha pogut observar qualche ancoratge que afecta la posidònia és a la zona de cala Murta, ja que a causa de la petita grandària de la zona per banyar-se i que la zona sorrenca tampoc no és gaire gran, és molt fàcil que les àncores caiguin sobre les praderies o encara que no ho facin que les cadenes afectin la posidònia. En ser llançada damunt la posidònia, les pales de l'àncora arrabassen fragments de mata i provoquen un dany irreparable en molts d'anys. És important fer un esforç per conscienciar la gent de fer un ús correcte de l'àncora i només ancorar damunt fons sorrenca. És, per tant, també molt important pensar en algun tipus de regulació dins la zona per evitar que les embarcacions fondegin damunt la praderia.

Excés de velocitat. Malgrat el bon estat de la praderia, durant les immersions realitzades es va observar que a les zones menys profundes per on les embarcacions naveguen la praderia ha estat clarejada. La circulació d'embarcacions juntament amb la proximitat del port a l'interior de la badia fa que hi hagi una contínua resuspensió de la matèria orgànica particulada que augmenta la turbulència de l'aigua i impedeix la correcta fotosíntesi de la *P. oceanica*. Aquest impacte és màxim durant l'estiu, període dintre del qual predomina el bon temps sense grans temporals que augmentin la renovació de l'aigua dins la badia i, a més, és quan es dona el màxim trànsit d'embarcacions, ja sigui per entrar dins el port o per fondejar a l'interior de la badia. La *P. oceanica* necessita d'aigües clares i transparents per poder obtenir la quantitat de llum necessària per al seu desenvolupament i creixement; el moviment dels vaixells passant per damunt a velocitats elevades fa que el fons s'aixequi i provoca l'aparició de gran quantitat de partícules en suspensió que fa més complicada la penetració de la llum fins a les praderies. És, per tant, molt important evitar que les embarcacions entrin o surtin a grans velocitats damunt la praderia per tal d'assegurar-ne al llarg del temps el bon estat de conservació.

Contaminació i brutícia. És un fet contrastat que moltes embarcacions durant l'estiu buiden les sentines i llancen els residus a la mar indiscriminadament en aquestes zones de fondeig augmentant els impactes que sofreix la posidònia. Tots aquests impactes, majors a la zona interior, duen associats que la longitud

del feixos de la fanerògama, el nombre de fulles per feix i la densitat de feixos es vegi disminuït en comparació amb les altres zones d'estudi. També s'ha de destacar la presència de la marina que, pel fet de la seva acció normal, es pràcticament impossible evitar l'arribada d'alguns agents contaminants dins les aigües (dissolvents, pintures, combustible, etc). Encara que s'ha de dir que la presència de clapes olioses que durant molts d'anys eren freqüents, sobretot durant l'estiu, avui dia pràcticament no es veuen. Aquest fet indica que les mesures per evitar els vessaments de contaminants funciona correctament, encara que tot és millorable.

Espècies invasores. La presència d'espècies introduïdes és un dels principals problemes actuals que trobam arreu del món. Els problema no és l'espècie introduïda, el problema s'esdevé quan l'espècie introduïda pot mantenir poblacions autosuficients sense la necessitat de nous individus introduïts i suposa un seriós problema per a les espècies natiues locals. Dins els treballs submarins de caracterització de les praderies de *P. oceanica* de la zona de Porto Cristo es va quantificar la presència d'invasores dins els transectes, però no es va trobar cap invasor amb un nivell d'invasió elevat dins aquestes àrees. Aquest fet contrasta amb l'elevat grau d'invasió que es troba en altres àrees del litoral balear, sobretot per l'alga *Lophocladia lallemandii*, la qual no s'ha observat dins la zona d'estudi. Únicament s'han observat alguns exemplars de les algues invasores *Acrothamnion preisii* i *Caulerpa racemosa*, i qualque exemplar del cranc *Percnon gibbesi* (Deudero et al. 2005). La seva erradicació és avui pràcticament impossible, però sí que seria necessari realitzar un seguiment al llarg del temps i continuar les investigacions per veure'n l'evolució i mirar de trobar qualque forma de limitar, almenys, el seu impacte sobre el litoral balear i les espècies que hi viuen.

Pinna nobilis. La *P. nobilis* és el major bivalve del Mediterrani i es troba inclòs dins el catàleg nacional d'espècies amenaçades. La nacra és una espècie molt sensible a la contaminació i la seva presència depèn molt de l'existència de praderies de posidònia en bon estat de conservació. De fet, al llarg dels darrers anys, les poblacions d'aquest mol·lusc s'han vist disminuïdes a causa del deteriorament generalitzat de les zones costaneres i per la seva recol·lecció indiscriminada. La seva presència fins i tot d'exemplars que superen els 50 cm de longitud total en zones com sa punteta i s'Enterrossai reforça el fet que les praderies en aquestes zones es troben en bastant bon estat de conservació i és necessari que continuïn així per preservar les dues espècies.

En conclusió podem dir que l'estat de conservació de la praderia de *P. oceanica* a la zona de Porto Cristo és en general bo, malgrat que hi ha zones al

voltant del port que sí que mostren indicis d'estar afectades per l'acció humana. Malgrat aquest impacte, hem de pensar que és un mal raonable i històric ja que a la zona se li dona ús com a port des de l'època romana. A més, la presència del port permet el desenvolupament del turisme nàutic a la zona. Les estacions més exteriors mostren un estat bo de la praderia i és aquí on sí que s'ha de fer tota la feina possible perquè aquest estat de conservació es pugui mantenir en el temps, i fins i tot s'ha de tractar de millorar perquè assoleixi valors de densitats de feixos similars a les dues estacions exteriors. Per aquesta raó és important conscienciar la gent de la necessitat de protegir les praderies de *P. oceanica* com a tresor natural de la Mediterrània per tal d'evitar els fondejos sobre les praderies, reduir la velocitat de les embarcacions i evitar que es llenci brutícia i introduir algunes mesures que permetin regular de forma eficaç sobretot els fondejos i la velocitat de les embarcacions.

Agraïments

Aquest estudi ha estat possible gràcies al finançament de l'Ajuntament de Manacor, Delegació de Medi Ambient.

BIBLIOGRAFIA

- BUÏA, M. C.; GAMBÌ, M. C.; ZUPO, V. (2000). "Structure and functioning of mediterranean seagrass ecosystems: an overview". *Biologia Marina Mediterranea*, núm. 7, p. 167-190.
- DEUDERO, S.; FRAU, A. M.; HAMPEL, H. (2005). "Distribution and densities of the decapod crab *Percnon gibbesi*, an invasive Grapsidae, in western Mediterranean waters". *Marine Ecology Progress Series*, núm. 285, p. 151-156.
- ELIAS, S. J. [et al.] (1999). "Oxidants and Antioxidants". A: PACKER L. (ed.) *Methods in Enzymatic Analysis*. California: Academic Press. P. 226-239.
- GARCIA, E.; DUARTE, C. M. (2001). "Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between deposition and resuspension". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, núm. 52, p. 505-514.
- GIRAUD, G. (1977). "Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile". *Botanica Marina*, núm. 20, p. 487-492.
- HEMMINGA, M. A.; NIEUWENHUIZE, J. (1990). "Seagrass wrack-induced dune formation on a tropical coast". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, núm. 31, p. 499-502.
- LUSHCHAK, V. I. (2011). "Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals". *Aquatic Toxicology*, núm. 101, p. 13-30.
- MARBA, N.; DUARTE, C. M.; (1997). "Decadal changes in seagrass (*Posidonia oceanica*) growth an environmental change in th Spanish Mediterranean littoral". *Limnology and Oceanography*, núm. 42, p. 800-810.

MORENO, D.; AGUILERA, P. A.; CASTRO, H. (2001). "Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process". *Biological Conservation*, núm. 102, p. 325-332.

PEIRANO, A. [et al.] (2005). "Effects of climate, invasive species and anthropogenic impacts on the growth of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Liguria (NW Mediterranean Sea)". *Marine Pollution Bulletin*, núm. 50, p. 817-822.

RUIZ, J. M.; ROMERO, J. (2003). "Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*". *Marine Pollution Bulletin*, núm. 46, p. 1523-1533.

SUREDA, A., [et al.] (2011). "Biochemical responses of *Mytilus galloprovincialis* as biomarkers of acute environmental pollution caused by the Don Pedro oil spill (Eivissa Island, Spain)". *Aquatic Toxicology*, núm. 101, p. 540-549.

SUREDA, A., [et al.] (2008). "Antioxidant response of the seagrass *Posidonia oceanica* when epiphytized by the invasive macroalgae *Lophocladia lallemandii*". *Marine Environmental Research*, núm. 66, p. 359-363.