FACULTAT DE CIÈNCIES
Secció de Ciències Ambientals

Béns i serveis associats als ecosistemes de fanerògames marines i estimacions de pèrdues causades per la seva degradació

Memòria del Projecte de Fi de Carrera de Ciències Ambientals
Presentada per: Carme Barba Ferrer
Dirigida per: Dr. Javier Romero Martinengo (UB)
Dr. Jordi Martínez-Vilalta (UAB)
Bellaterra, a 8 de setembre de 2011

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

Un mar de vida, en el fons tot un món per descobrir

AGRAÏMENTS

Voldria dedicar aquest treball a tota la gent que l'ha fet possible:

Primerament a les dues persones que més s'hi han implicat, el Dr. Javier Romero, del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, i el Dr. Jordi Martínez-Vilalta, de la Unitat d'Ecologia de la UAB.

Gracias Javier por tu interminable paciencia, buen carácter y afabilidad; por haber accedido a dirigirme el proyecto de forma totalmente desinteresada y cederme toda la información y datos que he necesitado. Pero sobre todo, gracias por haberme brindado la oportunidad de aproximarme a este apasionante mundo submarino.

Jordi, moltes gràcies per accedir a dirigir-me el projecte, per totes les correccions i propostes que l'han dotat de més coherència; per haver-me ensenyat a treballar de manera més rigorosa i per la teva eficàcia a l'hora d'ajudar-me a resoldre tots els dubtes que han anat sorgint.

A tots dos, el meu sincer agraïment per haver aportat una complementarietat excel·lent al projecte.

D'altra banda, aquest treball hauria estat impossible de dur a terme sense l'ajuda dels meus pares i germans. En especial vull agrair-li al Josep totes les hores que m'ha dedicat, especialment en els moments més difícils en els quals el projecte s'encallava. El seu punt de vista m'ha ajudat a solucionar grans problemes estructurals i de plantejament, així com també a donar-li en molts moments un nou aire fresc.

A la Gemma i molt especialment a la Mery, per l'assessorament en l'estructura formal de la memòria.

A l'Álvaro, el més gran entusiasta, gràcies per tots els consells i ànims que m'ha donat, per l'ajuda en les traduccions i per haver llegit apassionadament el projecte i haver-me donat el seu punt de vista tantes vegades.

Al Miguel, que hi és quan més el necessito, per la seva capacitat de relativitzar els problemes i animar-me en tot moment de manera incondicional.

A tots els companys de la universitat, per treure'm feina de sobre quan no he donat a l'abast, per estar cada dia al meu costat en aquest últim any tan intens.

A tota la gent que, amb petits gestos m'ha ofert el seu suport i ajuda.

A tots, moltes gràcies!!

Carme Barba

Barcelona, setembre de 2011

Índex general

Pàg.

0. Resum 1

1. Introducció 2

1.1. Els béns i serveis ambientals 2

1.1.1. Definició i aplicacions 2

1.1.2. Classificació de béns i serveis 3

1.2. Sistema objecte d'estudi 5

1.2.1. Les fanerògames marines 5

1.2.2. Les fanerògames marines al Mediterrani 6

1.2.3. Degradació dels ecosistemes de fanerògames 11

1.2.4. Marc legal 11

2. Objectius 13

3. Metodologia 15

3.1. Àrea d'estudi 15

3.1.1. Descripció general 15

3.1.2. Els àmbits marins 17

3.1.3. El sistema bentònic 18

3.2. Disseny del procediment 19

3.2.1. Inventari i descripció dels béns i serveis associats als prats de fanerògames 19

3.2.2. Inventari i quantificació de la degradació dels prats de fanerògames marines a la costa catalana 19

3.2.3. Quantificació de la pèrdua de béns i serveis a la costa catalana associada a la degradació dels prats de posidònia 24

4. Resultats i discussió 25

4.1. Béns i serveis associats als ecosistemes de fanerògames marines..... 25

4.1.1. Síntesi 25

4.1.2. Béns i serveis de producció 27

4.1.3. Serveis de regulació 30

4.1.4. Béns i serveis culturals 35

4.1.5. Béns i serveis de suport 37

4.1.6. Altres béns i serveis 39

4.2. Causes i efectes del deteriorament de les praderies de posidònia 39

4.2.1. Síntesi 39

4.2.2. Efectes del deteriorament dels ecosistemes marins 41

4.3. Pèrdua de béns i serveis associada als prats de posidònia de la costa catalana 48

5. Conclusions 53

6. Pressupost 55

7. Cronograma 56

8. Acrònims i paraules clau 57

9. Bibliografia 62

10. Annexos 69

Índex de figures

Pàg.

Figura 1: Flors i fruits de *Posidonia oceanica* 5

Figura 2: Grans divisions de l'àmbit marí representades verticalment i horitzontalment 17

Figura 3: Exemples de percentatges de cobertura en funció del recobriment ... 23

Figura 4: Fulles de *Zostera marina* emprades per a la construcció d'una teulada d'una casa rural 28

Figura 5: Influències dels prats de fanerògames en el cicle del nitrogen. La línia vermella simbolitza la interfase entre els processos òxics i anòxics 32

Figura 6: Pintura en forma de díptic de tècnica mixta i sobre tela, anomenada "Posidonia" 35

Figura 7: Comparació entre la biodiversitat present en un prat de posidònia i un fons sorrenc 38

Figura 8: Abocament d'aigües residuals en un emissari en mal estat 41

Figura 9: Mapa conceptual dels efectes de degradació d'un ecosistema de fanerògames marines 43

Índex de gràfics

Gràfic 1: Relació entre la taxa neta de creixement d'una població de *Posidonia oceanica* i la concentració de sulfur d'hidrogen en el sediment ... 45

Índex de mapes

Mapa 1: Distribució de *Zostera marina* al món 7

Mapa 2: Distribució de *Zostera noltii* al món 8

Mapa 3: Distribució de *Cymodocea nodosa* al món 9

Mapa 4: Distribució de *Posidonia oceanica* al món 10

Mapa 5: Relleu de Catalunya 16

Mapa 6: Localització de les estacions de control de la xarxa operativa a la costa catalana 20

Índex de taules

Taula 1: Serveis i funcions ecosistèmiques 3

Taula 2: Béns i serveis proveïts pels ecosistemes marins 4

Taula 3: Relació entre els valors de l'EQR i l'estat ecològic definit per la Directiva Marc de l'Aigua 21

Taula 4: Valors de l'EQR per a les estacions de la xarxa operativa 22

Taula 5: Béns i serveis proporcionats per un ecosistema de fanerògames marines i importància que tenen dins la costa catalana 26

Taula 6: Valors de biomassa (màxima anual) d'epífits, referents a feixos (g/feix) i a metre quadrat de substrat (g/m^2). També hi consta la densitat del prat a cada profunditat (feix/m^2), els valors mitjans de cendres (CZ) i carbonats, així com també una estima anual de la producció de carbonats 29

Taula 7: Efectes de la degradació d'un ecosistema de fanerògames marines . 39

Taula 8: Càlcul de la pèrdua o guany en densitat, cobertura i àrea foliar, entre l'època "pre-industrial" i l'actualitat 47

Taula 9: Béns i serveis més importants a la costa catalana i factors de l'abundància dels quals pertanyen 49

0. Resum

Les praderies de posidònia de la costa catalana són ecosistemes d'alta importància, ja que tenint en compte la seva poca extensió, ens aporten una gran multiplicitat de béns i serveis ecosistèmics. No obstant, els danys observats en els prats en les últimes dècades, tant pel que fa a la regressió en superfície com a la pèrdua d'integritat ecològica, ens indiquen que aquests ecosistemes s'estan enfrontant a una crisi causada principalment per les pressions de les activitats antròpiques a les zones costaneres.

En aquest projecte es pretenen identificar tots els béns i serveis que ens proporcionen aquests herbeis, així com també dictaminar quina és la importància de cada un d'ells en el context de la costa catalana. D'altra banda, es pretenen avaluar els impactes i conseqüències de la seva degradació i també quantificar, de manera relativa, la pèrdua d'aquests béns i serveis a la costa catalana, partint de la base que, segons els resultats obtinguts, la pèrdua d'abundància dels prats ha estat d'aproximadament el 60% des d'un hipotètic estat "pre-industrial" fins l'actualitat.

1. Introducció

1.1. Els béns i serveis ambientals

1.1.1. Definició i aplicacions

Ja des de la Cimera de la Terra de Río, l'any 1992, es va veure que era necessari un enfocament ecosistèmic del medi natural per tal de tenir una visió holística de les problemàtiques associades al seu deteriorament. Una conseqüència d'aquest enfocament és l'aparició del concepte de béns i serveis ecosistèmics, que Costanza *et al.* (1997) defineixen com a conjunt de "beneficis que, de manera directa o indirecta, la societat obtén dels ecosistemes". Aquests beneficis comprenen tot allò que contribueix a la supervivència, subsistència o benestar dels éssers humans.

L'avaluació dels processos ecològics i els recursos en termes de béns i serveis –mitjançant els respectius indicadors- ens permeten simplificar la complexitat del medi natural en una sèrie de funcions que ens poden ser més fàcilment comprensibles i quantificables. L'avantatge d'aquest enfocament és que ens permet crear una estratègia per a la gestió integrada dels factors naturals i socials que comporta l'ús de recursos ecosistèmics.

Per a garantir que la presa de decisions ambientals sigui sostenible, eficient i equitativa és essencial conèixer tots els beneficis que rebem del medi natural així com també quantificar els impactes que ocasiona el seu aprofitament. Alguns exemples són la producció de matèries primeres per al consum humà, la regulació de la precipitació i la temperatura (i per tant, del clima) o la pol·linització. I així també, un llarg etcètera de moltes altres funcions dutes a terme pels ecosistemes que, directament o indirecta, ens beneficien.

No obstant, aquesta manera de considerar el medi natural presenta dos inconvenients principals. El primer és que molts dels béns i serveis són difícilment quantificables, amb la qual cosa no podem assigna'ls-hi cap indicador, ni per tant tampoc un valor. I l'altre problema, és que per a poder comparar béns i serveis entre si i poder establir preferències en la presa de decisions per a gestionar-los cal unificar els indicadors en una escala comuna. És per això que molts experts es decanten per a assignar-los valors econòmics.

Els intents de quantificar econòmicament béns i serveis han estat també nombrosos. Costanza *et al.*, l'any 1997, van determinar que el valor econòmic total dels ecosistemes de la Terra era de 33.268 x 10^9 \$·any^{-1}.

Si bé es veritat que aquest tipus d'aproximacions econòmiques han afavorit un debat a on a la natura se li ha reconegut un cert valor, també cal dir que a quest enfocament no està exempt de crítiques, en particular el risc de caure en

una mercantilització d'un patrimoni únic i la impossibilitat d'atorgar un valor econòmic a aspectes incommensurables com la vida o la bellesa del medi ambient.

1.1.2. Classificació de béns i serveis

Existeix una gran variabilitat en la manera de considerar, definir i classificar els béns i serveis. En aquest àmbit cal considerar seminal el treball de Costanza *et al.* (1997), que, tal i com mostra la taula 1 proposen 17 categories de serveis ecosistèmics i en posen alhora alguns exemples per a cadascuna.

Nº	Servei ecosistèmic	Funció ecosistèmica	Exemples
1	Regulació dels gasos	Regulació de la composició química atmosfèrica	Balanç de CO_2/O_2, O_3 per la protecció UV-B, nivells de SO_x.
2	Regulació del clima	Regulació de la temperatura global, de la precipitació, i d'altres processos climàtics mediats de manera biològica a nivell local o global.	Regulació dels gasos hivernacle, afectació a la formació de núvols per la producció de DMS.
3	Regulació de les pertorbacions	Capacitat, amortiment i integritat de l'ecosistema per a respondre a les fluctuacions ambientals.	Protecció de les tempestes, control d'inundacions, recuperació de la sequera i altres aspectes de la resposta dels hàbitats a la variabilitat ambiental controlats principalment per l'estructura de la vegetació.
4	Regulació hídrica	Regulació dels fluxos hidrològics.	Aprovisionament d'aigua per a l'agricultura (com ara l'irrigació), o la indústria (com ara els molins).
5	Abastament d'aigua	Emmagatzematge i retenció d'aigua.	Proveïment d'aigua per a les conques, reservoris i aqüífers.
6	Control de l'erosió i retenció de sediments	Retenció de sòl com a substrat de l'ecosistema.	Prevenció de l'erosió eòlica, de l'escorrentia, i d'altres processos erosius. Emmagatzematge de sediments en llacs i aiguamolls.
7	Formació de sòls	Processos de formació de sòls.	Degradació de les roques i acumulació de materials orgànics.
8	Cicle de nutrients	Emmagatzematge, circulació interna, processament i adquisició de nutrients.	Fixació de nitrogen, cicles del N, P i d'altres nutrients elementals.
9	Tractament d'aigües	Recuperació de nutrients mòbils i eliminació de l'excés de nutrients i compostos.	Tractament d'aigües, control de la contaminació, destoxificació.

10	Pol·linització	Moviment dels gàmetes de les flors.	Proveïment de pol·linitzadors per a la reproducció de les poblacions vegetals.
11	Control biològic	Regulació de la dinàmica tròfica de les poblacions.	Control predador-presa, reducció dels herbívors pels superpredadors.
12	Refugi	Aprovisionament d'hàbitat per a les poblacions fixes i transitòries.	Vivers, hàbitat per a espècies migratòries, hàbitats regionals per a captura d'espècies local, espais per a l'hivernació.
13	Producció d'aliment	Part de la producció primària bruta extraïble com aliment.	Producció de peix, caça, collites, recol·lecció, agricultura o pesca de subsistència.
14	Matèries primeres	Part de la producció primària bruta extraïble com a matèria primera.	Producció de fusta, combustible o farratges.
15	Recursos genètics	Font de material biològic i productes únics.	Medicina, productes per a la ciència dels materials, gens per a la resistència de les plantes als patògens i a les plagues, espècies ornamentals (animals domèstics i varietats en plantes)
16	Diversió	Oportunitat per a realitzar activitats recreatives.	Ecoturisme, pesca esportiva, altres activitats recreatives a l'aire lliure.
17	Cultura	Oportunitats d'ús no comercials.	Valor estètic, artístic, educatiu, espiritual i/o valors científics de l'ecosistema.

Taula 1: Serveis i funcions ecosistèmiques

Font: Constanza *et al. (*1997)

Pel que fa a aquesta memòria, cal esmentar també el treball Beaumont *et al.* (2007), que com es pot veure a la taula 2, contextualitzen els béns i serveis a un nivell més específic, identificant, definint i quantificant-los per als ecosistemes marins.

Categoria	Bé o servei
Serveis de producció	Proveïment d'aliment
	Primeres matèries
Serveis de regulació	Regulació dels gasos i del clima
	Prevenció de pertorbacions (protecció davant les tempestes i inundacions)
	Bioremediació dels residus

Serveis culturals	Patrimoni cultural i identitat
	Beneficis cognitius
	Oci i diversió
	Benestar (benefici de no ús)
Valor de la opció d'ús	Coneixement futur i beneficis possibles
Serveis de suport general	Resiliència i resistència (suport a la vida)
	Mediació biològica de l'hàbitat
	Regulació del cicle de nutrients

Taula 2: Béns i serveis proveïts pels ecosistemes marins

Font: Beaumont *et al. (*2007)

No obstant, aquestes dues classificacions dels béns i serveis no són les úniques, sinó que en les dues últimes dècades són múltiples les publicacions que tracten aquests temes tant de manera global com específica per a diferents ecosistemes.

1.2. Sistema objecte d'estudi

1.2.1. Les fanerògames marines

Les fanerògames o angiospermes marines pertanyen al phylum Magnoliophyta. Es tracta doncs, de plantes amb arrels, tiges i fulles, capaces de produir flors, fruits i llavors. Aquestes parts tenen funcions específiques però alhora estan connectades entre si formant un tot. Les fanerògames s'estenen pel fons marí formant prats.

Figura 1: Flors i fruits de *Posidonia oceanica*

Font: Ramón Esteban per a www.marenostrum.org

La morfologia foliar és diversa, des de cintes fins a petits cilindres verdosos. Les fulles són les encarregades de la fotosíntesi i, a diferència de les plantes superiors terrestres, no tenen cutícula d'impermeabilització ni estomes i poden absorbir nutrients a través de la seva superfície. En molts casos posseeixen cavitats plenes de gas dins les fulles, que s'estenen per les arrels i les tiges i es comuniquen entre si. L'objectiu d'aquesta estructura és el transport gasós entre les diferents parts de la planta.

Els rizomes són tiges modificades que han perdut en gran part la seva funció de sosteniment, i prenen el paper de fixació i extensió en el substrat. De vegades també actuen de reservori de substàncies, com ara midó o nutrients. Alhora és molt important la funció que fan de nexe entre les diferents parts i unitats de la planta.

El fet que els rizomes puguin créixer de manera horitzontal implica la formació d'un entramat de tiges més o menys connectades. Aquest fenomen fa que sigui complicat distingir individus independents.

Les arrels tenen diverses longituds i principalment extreuen nutrients del sediment i fixen la planta al substrat.

Pel que fa les flors, són poc vistoses i amb pol·linització hidròfila. Es tracta d'un mecanisme relativament poc eficient, que fa que la reproducció asexual (per ramificació i prolongació dels rizomes –sovint a partir de trossos dispersos pel fons marí-) assoleixi gran importància a l'hora de colonitzar el substrat. Al món existeixen una seixantena d'espècies d'aquest grup. Totes elles viuen a les zones més il·luminades dels mars tropicals i temperats.

El valor dels béns i serveis associats als ecosistemes de fanerògames marines i d'algues va ser estimat en 3.801 x 10^9 \$·any^{-1} (Costanza *et al*, 1997). Però en el cas de la costa catalana, Brenner *et al., 2010* van estimar-lo en 207.585.504 \$ per al 2004, fet que suposa un 6,5% del total dels béns i serveis costaners (platges i dunes, plataforma, praderies de fanerògames, aiguamolls d'aigua salada, i ecosistemes terrestres de la costa) que aquests autors van analitzar.

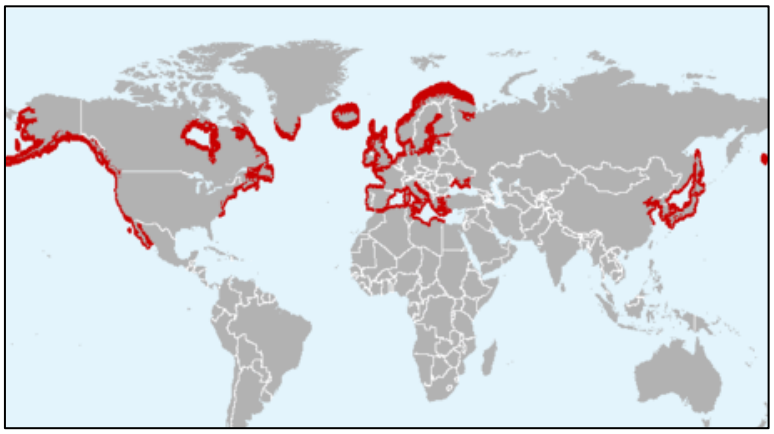
1.2.2. Les fanerògames marines al Mediterrani

A Europa només hi ha cinc espècies de fanerògames marines capaces de formar prats, totes cinc presents també a la Mediterrània - *Zostera marina, Zostera noltii, Cymodocea nodosa, Posidonia oceanica* i *Halophila stipulacea*-. Aquesta última, recentment s'ha introduït al Mar Mediterrani pel Canal de Suez i és pròpia sobretot de les costes africanes. La seva distribució es limita a la Mediterrània oriental. A banda, caldria esmentar les espècies del gènere *Ruppia*; la seva inclusió en aquest grup és encara objecte de discussió.

A la costa catalana trobem *Zostera marina, Zostera noltii, Cymodocea nodosa* i *Posidonia oceanica*.

Zostera marina

- Presència al món:



Mapa 1: Distribució de *Zostera marina* al món

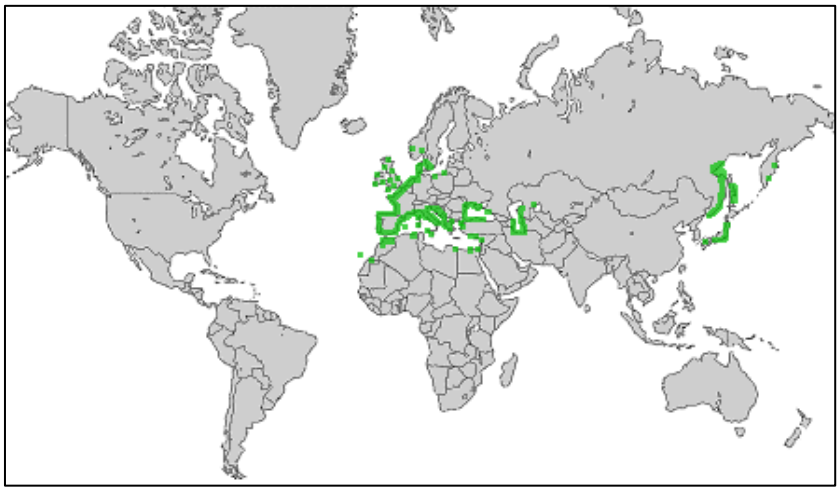
Font: IUCN Red List of Threatened Species

- Catalogació del risc d'extinció segons la IUCN: preocupació menor.
- Poblacions: es tracta d'una espècie molt dominant, que en general forma prats monoespecífics. Té una alçada de la volta foliar d'entre 30 i 60 cm, inclús pot arribar a superar el metre. Les fulles tenen forma de cinta, i tenen una amplada de 10 a 12 mm. La podem trobar en profunditats de fins a 10 m (Carruthers *et al.*, 2007).
  Les regressions més importants que pateix són a les zones desenvolupades i poblades d'Europa i d'Amèrica del Nord. Aquest descens, pel que fa a l'àrea, s'estima que globalment ha estat d'un 1,4% per any en el període 1990-2000 (Carruthers *et al.*, 2007). A la Mediterrània, es tracta d'una espècie relicta, on forma prats perennes.

  A la costa catalana, s'ha detectat en èpoques recents (entre principis dels anys vuitanta i meitat dels noranta) a la zona del delta de l'Ebre i prop del Cap de Creus, sempre però, en forma de clapes de dimensions reduïdes.

Zostera noltii

- Presència al món:



Mapa 2: Distribució de *Zostera noltii* al món

Font: Klaas Dijkstra (2001-2011) per a http://wilde-plant.nl

- Catalogació del risc d'extinció segons la IUCN: preocupació menor.
- Poblacions: es tracta d'una espècie de fanerògama de mida molt petita. Degut a aquest fet i a la manca de rizomes verticals, aquesta espècie es troba a poca profunditat i tolera molt poc l'erosió i la sedimentació, per la qual cosa esperarem trobar-la en llocs arrecerats. L'alçada de la volta foliar és d'uns 20-25 cm i les seves fulles són primes (1-2 mm d'amplada). Podem trobar-la fins a 10 metres de profunditat (Carruthers *et al.*, 2007).

  Forma prats monoespecífics a la Mediterrània. En canvi al Mar Negre pot conviure amb altres fanerògames i macroalgues.

  A Catalunya s'han detectat prats d'aquesta espècie a la Costa Brava i al delta de l'Ebre, així com a algunes llacunes costaneres.

Cymodocea nodosa

- Presència al món:

Mapa 3: Distribució de *Cymodocea nodosa* al món

Font: IUCN Red List of Threatened Species

- Catalogació del risc d'extinció segons la IUCN: preocupació menor.
- Poblacions: a la Mediterrània forma prats monoespecífics, encara que també podem trobar-la en prats de *Posidonia oceanica*, sobretot envoltant-la. En ocasions també podem veure-la acompanyada de l'alga *Caulerpa prolifera*. La volta foliar té uns 30-40 cm d'alçada i les fulles són primes (5-12 mm d'amplada). Pot arribar a viure a profunditats de fins a més de 30 m (Carruthers *et al.,* 2007).
  Es creu que la població és estable, encara que s'han detectat descensos locals causats per l'acció antropogènica. Tot i així, se la considera una espècie relativament resistent a aquestes pertorbacions.

  A la costa catalana els prats més importants es troben al delta de l'Ebre, al Golf de Roses i a la badia de Pals-l'Estartit.

Posidonia oceanica

- Presència al món:

Mapa 4: Distribució de *Posidonia oceanica* al món

Font: IUCN Red List of Threatened Species

- Catalogació del risc d'extinció segons la IUCN: preocupació menor.
- Poblacions: *Posidonia oceanica* és una espècie endèmica del Mediterrani, i la fanerògama més estesa a la regió. Té una alçada de la volta foliar de 40-50 cm, però pot arribar a superar el metre. Les fulles tenen forma de cinta i una amplada de 5 a 12 mm. La podem trobar fins a 30 o 40 m de profunditat (a menor profunditat si no hi arriba prou llum). La seva població està en regressió a prop de les zones urbanes - s'estima que en els últims 100 anys ha disminuït un 10% (Pergent *et al.*, 2009)- tot i que la IUCN considera que no està amenaçada.

  És una espècie de vida llarga, però que creix molt lentament. Els feixos poden viure fins a 30 anys i provenen del rizoma, que pot créixer horitzontalment (1-5 cm·any^{-1}) o bé verticalment (vora 1 cm·any^{-1}) (Pergent *et al.*, 2009).

1.2.3. Degradació dels ecosistemes de fanerògames

La franja costanera del mar és utilitzada des de l'antiguitat per l'ésser humà per a desenvolupar-hi les seves activitats: obtenció d'aliments i altres recursos, lloc d'esbarjo, abocador de residus, via de comunicació, etc. És evident que aquestes activitats i processos tenen un rastre, unes conseqüències, que queden paleses en uns impactes en la vida i l'estructura dels ecosistemes marins. Els prats marins són un clar exemple d'aquesta degradació; són un dels hàbitats més afectats per aquests impactes, ja que es troben molt propers a la costa i a més es caracteritzen per ser molt sensibles i fràgils. La competència pel medi entre aquestes plantes i l'home és molt forta, i al llarg dels anys s'ha pogut veure com la balança s'ha anat decantant en detriment d'aquestes.

Els danys observats en els prats de fanerògames marines en les últimes dècades ens indiquen que aquests ecosistemes s'estan enfrontant a una crisi causada principalment per dos aspectes: d'una banda, les pressions de les activitats antròpiques a les zones costaneres i, per l'altra, l'augment de la freqüència i la intensitat dels desastres naturals com ara huracans, tsunamis, etc. (Orth *et al.*, 2006). Aquesta última causa però, no afecta l'àmbit de la Mediterrània, i per tant tampoc els seus prats.

Si no es canvien certs comportaments, la perspectiva d'entrada no és optimista. La capacitat de resposta d'aquests ecosistemes és lenta, ja que ve condicionada pel seu lent creixement.

Tot i que l'objectiu principal d'aquest projecte no és analitzar les diferents causes que generen el deteriorament dels prats, és important recalcar-ne l'origen per a no oblidar que les activitats de l'home són, en la majoria de casos, les responsables de l'empobriment del medi, i que en conseqüència l'home és qui pot posar-hi remei o mirar d'alleujar els impactes que crea. Aquests, poden ser tant de caire directe, afectant de manera local l'ecosistema, com indirecte, amb causes que poden ocórrer lluny de la praderia.

1.2.4. Marc legal

La conservació, protecció i millora del medi ambient, incloent la preservació dels hàbitats naturals i les espècies que els conformen, constitueix un objectiu fonamental per a la Unió Europea. És per això que els ecosistemes de fanerògames marines estan protegits legalment a molts països, i en molts casos aquests també fixen l'obligatorietat de restaurar la pèrdua o deteriorament dels prats. En alguns països hi ha establerta la política de "pèrdua-zero", consistent en substituir la superfície perduda per hàbitats amb el mateix valor funcional.

La Unió Europea inclou les praderies de fanerògames marines en l'Annex I de la Directiva 97/62/CE, de 17 d'octubre de 1997, per la qual s'adapta al progrés científic i tècnic la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres (popularment anomenada Directiva d'Hàbitats). En aquest annex I, l'hàbitat 1120, declara els prats de *Posidonia oceanica* com a hàbitat prioritari a conservar dins el territori de la Unió Europea.

La transposició de la Directiva d'Hàbitats a l'Estat espanyol es concreta amb la Llei 42/2007, de 13 de desembre, del patrimoni natural i de la biodiversitat, que és el marc jurídic bàsic per a la conservació, ús sostenible i millora del patrimoni natural i de la biodiversitat. En el seu article 52 s'indica com a responsable a cada comunitat autònoma d'adoptar les mesures necessàries per garantir la conservació de la biodiversitat i d'establir els règims específics de protecció.

A Catalunya, la normativa més important és el Decret 328/1992, de 14 de desembre, pel qual s'aprova el Pla d'espais d'interès natural. Aquest Decret té com a objecte la protecció bàsica dels espais naturals la conservació dels quals es considera necessària d'assegurar, d'acord amb els valors científics, ecològics, paisatgístics, culturals, socials, didàctics i recreatius que posseeixen. En el seu annex III es cataloga la flora estrictament protegida dels espais indicats també en aquest annex. Així doncs, queden protegits els següents prats de fanerògames marines del territori català:

- *Posidonia oceanica* del Cap de Creus.
- *Cymodocea nodosa* del cap de Creus, del cap de Santes Creus i del delta de l'Ebre.
- *Zostera sp.pl.* del cap de Creus, del cap de Santes Creus i del delta de l'Ebre.

La seva protecció implica la prohibició de la destrucció, del desarrelament i, si s'escau, també de la collita i la comercialització de les espècies i de les seves llavors, així com la protecció del medi natural en el que viu aquesta flora. En el decret també s'indica el règim sancionador per a cada tipus d'infracció.

D'altra banda, i pel que fa la Direcció General de Pesca i Acció Marítima, es va promoure la declaració de les fanerògames marines com a espècies protegides mitjançant l'Ordre de 31 de juliol de 1991, per a la regulació d'herbassars de fanerògames marines. Així mateix, aquesta Ordre prohibeix la destrucció, la venta, la compra, i la utilització d'aquestes espècies.

Així també, la Llei 2/2010, del 18 de febrer, de pesca i acció marítimes considera les praderies de fanerògames marines hàbitats protegits als efectes de pesca en concordança amb la normativa pesquera europea i estatal.

2. Objectius

Com ja s'ha dit, fins l'actualitat nombrosos projectes i estudis han tractat de descriure els béns i serveis tant a nivell global com ecosistèmic. La bibliografia sobre fanerògames marines està enfocada des de diferents punts de vista: tractant els béns i serveis que obtenim dels prats (Terrados i Borum, 2004*),* estudiant les diferents causes de degradació d'aquests ecosistemes (Waycott *et al*., 2009); quantificant la biodiversitat que porten associada (Beaumont *et al.,* 2007); analitzant els paràmetres de la seva degradació (Romero*,* 2004*),* etc.

Ara bé, fins ara mai no s'ha intentat, ni tan sols de manera aproximada, esbrinar quina ha estat la pèrdua de serveis causada per la regressió d'aquests ecosistemes. D'altra banda, si bé és cert que els ecosistemes de fanerògames estan patint una regressió significativa arreu (Waycott *et al*,. 2009), és també evident que a nombrosos indrets no tant sols es produeix una minva en la superfície ocupada per les praderies sinó què també té lloc una deterioració de les parts supervivents, que van perdent progressivament la seva integritat ecològica. Aquesta deterioració podria ser responsable d'una major pèrdua de béns i serveis que no pas les pèrdues d'extensió; si més no, sembla evident que cal tenir-la present en les estimacions globals, la qual cosa no s'ha fet fins ara. En aquest projecte volem realitzar un primer intent exploratori per tal d'avançar en l'aplicació quantitativa del concepte de béns i serveis als prats submarins, i a més fer-ho no basant-nos només en l'estima de la pèrdua de superfícies sinó també en altres indicadors de deterioració ecològica, i això tot aplicant-ho a un cas real concret però prou representatiu, com son les praderies de casa nostra.

Proposem per tant el següents objectius:

1. **Basant-nos en fons documentals, identificar i descriure els béns i serveis subministrats pels ecosistemes de fanerògames marines, així com també fer suposicions raonables sobre la seva importància relativa dins la costa catalana, tot aplicant el coneixement general sobre béns i serveis al cas concret de les praderies de *Posidonia oceanica.***
2. **Inventariar els efectes que tenen les diferents activitats de l'home al medi marí sobre la integritat biològica d'aquests ecosistemes i estimar-ne la degradació mitjançant alguns indicadors.**
3. **Quantificar, en termes relatius, quina pèrdua de béns i serveis associada a la degradació d'aquests ecosistemes s'ha produït a la costa catalana com a resultat de les diferències entre l'estat actual i un hipotètic estat "pre-industrial".**

Aquesta quantificació servirà per a traduir el què era prou conegut (la regressió i pèrdua de qualitat dels ecosistemes de fanerògames marines) a un llenguatge més entenedor per als gestors i fins i tot per al públic en general, ja que es fa referència explícita als beneficis que d'un segment concret de la natura obté la societat humana. Aquest exercici pot ajudar a la presa de decisions en la gestió de la costa i del medi marí, o pot ser un estímul per a prendre iniciatives, al fer paleses unes utilitats objectives. No es tracta doncs, de fer un estudi de valoració econòmica exhaustiva, ni tan sols quantitativament exacte de la pèrdua de béns i serveis des dels inicis de la intervenció humana al medi marí fins l'actualitat, sinó que es pretenen presentar unes bases que serveixin de punt de partida per a obrir nous fronts d'investigació i, sobretot, de construir ponts entre recerca i gestió.

3. Metodologia

3.1. Àrea d'estudi

Els objectius d'aquest estudi estan contextualitzats dins la costa catalana. En el conjunt del litoral català -780 km, segons el Pla de Ports de Catalunya 2010-, la superfície ocupada per *Posidonia oceanica* és de 4060 ha. S'ha de tenir en compte que aquesta dada es va obtenir a partir de cartografies fragmentàries o imprecises elaborades a principis de la dècada dels 90. En l'actualitat, aquesta extensió és probablement 1,5 o 2 vegades superior a la de les cartografies (J. Romero, com. pers.).

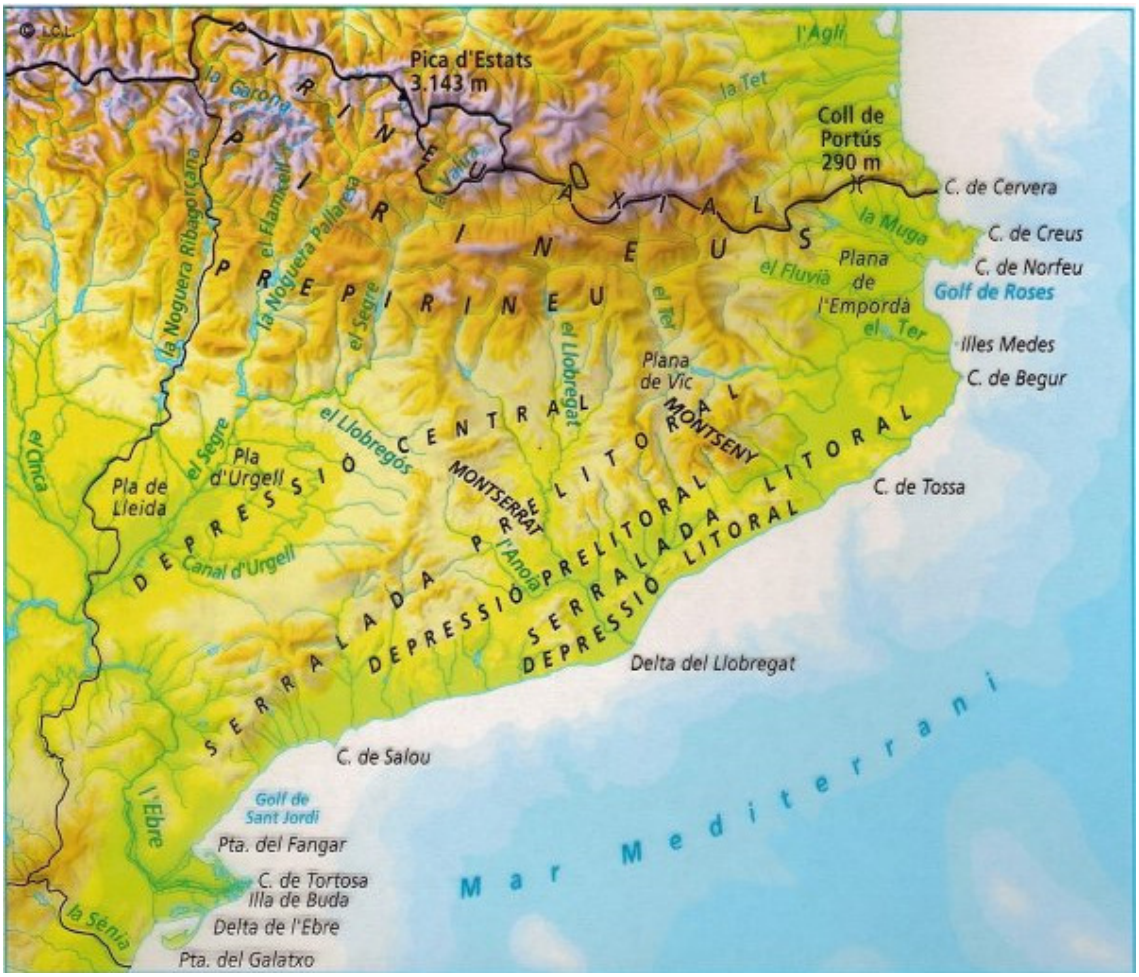
La seva distribució és molt heterogènia, tant pel que fa la seva ubicació geogràfica com per la densitat que presenta a cada zona. A la costa tarragonina (de Cap Salou cap al sud) i barcelonina (del Maresme al Garraf) acostumem a trobar praderies paral·leles a la costa i a certa distància d'aquesta, que ofereixen fronts de longitud notable (desenes de quilòmetres). Pel que fa el litoral de Girona (Costa Brava), les praderies són més petites i discontínues a causa de l'orografia d'aquesta zona, i solen trobar-se dins les cales i badies.

3.1.1. Descripció general

La costa catalana està ubicada al nord-est de la Península Ibèrica i té 780 km de longitud (Pla de Ports de Catalunya, 2010). S'estén des del cap Falcó al nord (a la part meridional del cap de Cervera) fins el Riu Sénia al sud. En general és una costa poc articulada, a excepció d'alguns trams de la Costa Brava. De fet, trobem que un 38% és costa rocosa i que un 62% és costa baixa sorrenca (Pla de Ports de Catalunya, 1983). Aquesta rectilinitat indica que es tracta d'una costa relativament senil.

La morfologia de la costa submergida és generalment, una continuació de la part emergida, ja que s'emmotlla a les grans unitats del relleu interior.

En termes generals, la costa catalana té el límit de la plataforma a uns 180m de fondària, tot i que aquest llindar no es caracteritza per tenir un canvi gaire brusc del pendent. La màxima amplada de la plataforma la trobem davant el Delta de l'Ebre, on arriba als 60 km. A partir del cap de Salou es redueix molt, amb punts que arriben als 5 km davant Lloret de Mar (Pla de Ports de Catalunya, 2010). Aquesta amplada de la plataforma es pot veure representada amb colors blanquinosos en el següent mapa:



Mapa 5: relleu de Catalunya

Font: Publicat per Maite Sanmartín a http://socials1ereso.blogspot.com

Pel que fa l'evolució geològica del Mar Mediterrani, aquesta ha estat similar a la d'altres conques marines i oceàniques. El seu precursor va ser el Mar de Tetis, que originàriament era molt més extens i va anar patint un procés de tancament. Va ser al Terciari, fa 60 milions d'anys, que es va estrènyer fins a tal punt que va quedar separat de l'oceà Índic, i que es van formar el mar Negre i el Caspi. Fa uns gairebé 6 milions d'anys, la connexió amb l'Atlàntic va començar a ser força restringida, amb la qual cosa el Mediterrani va dessecar-se vàries vegades.

L'última obertura de la conca es va produir entre el Miocè i el Plistocè, fa uns 5,4 milions d'anys, per la zona de Gibraltar. La fase actual en l'obertura de la Mediterrània és la terminal, que és la prèvia a la seva desaparició o aïllament de la resta de conques.

3.1.2. Els àmbits marins

Al medi marí es defineixen uns grans àmbits en funció de la batimetria (figura 2): la plataforma continental, el talús, les planes abissals i les fosses marines. Cada un d'aquests grans àmbits pot tenir subdivisions, en funció de les condicions ambientals que els caracteritzin.

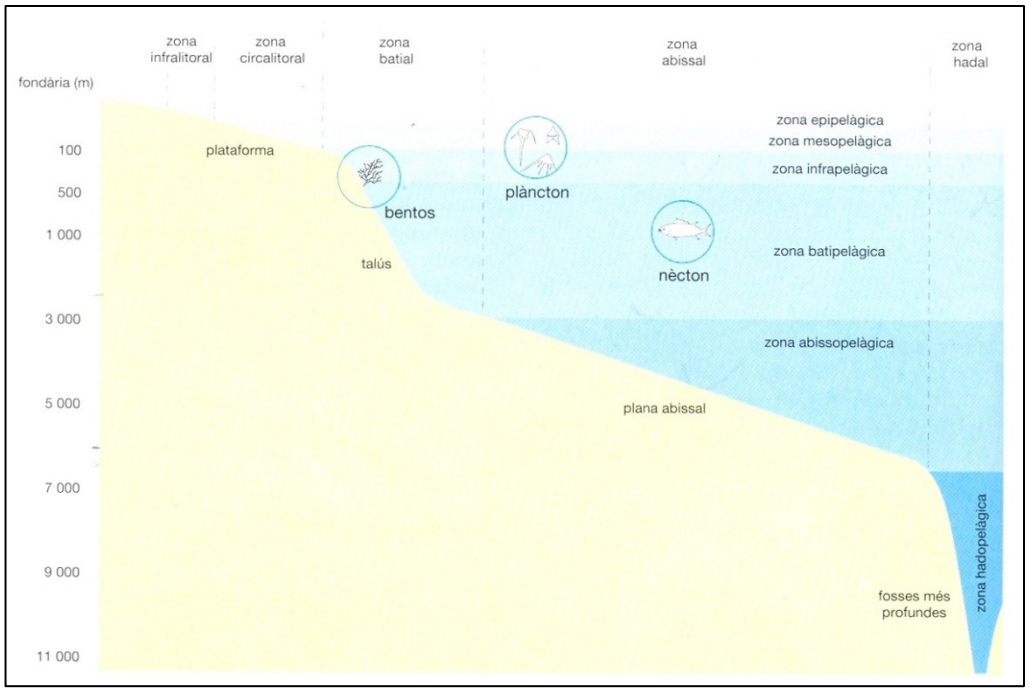


Figura 2: Grans divisions de l'àmbit marí representades verticalment i horitzontalment

Font: Jordi Corbera a partir de fonts diverses, a Ballesteros *et al.*, 1994

L'hàbitat de les fanerògames marines el trobem a la plataforma continental. La plataforma continental catalanobalear és força jove. Diferenciem les parts que acullen sediments litorals, com ara algunes zones de l'Empordà, del Baix Llobregat o del delta de l'Ebre, i les parts més abruptes del litoral que es mantenen com a tals i formen els límits nets entre la zona continental i la marina.

La primera de les parts anteriors és majoritàriament de tipus siliciclàstic amb alguns enclaus de tipus bioclàstic dominada per les aportacions dels rius en règim continu, principalment l'Ebre. En aquest cas, la successió típica sedimentària des de la platja consisteix en sorres o graves de mida de gra cada vegada més petita a mesura que ens allunyem, fins a arribar a la zona de sedimentació pelítica, que està més enllà dels 30-40 m. I a la segona, produïda allà on els factors dinàmics i la manca d'aportacions terrígenes afavoreix la producció de carbonats, hi predominen els sediments sorrencs i llimosos,

procedents en gran mesura de la degradació d'organismes amb estructures calcàries.

Les praderies de posidònia, concretament es desenvolupen a la part superior de la plataforma, espai caracteritzat per l'entrada d'energia externa (llum i turbulències) i l'entrada de materials (produïts per la sedimentació dels organismes que viuen i moren sobre la columna d'aigua superior, o produïts en el continent i arrossegats cap al mar). Gràcies a aquestes entrades, aquests sistemes són molt dinàmics i presenten una elevada producció biològica.

3.1.3. El sistema bentònic

Els productors primaris del medi bentònic són les fanerògames, les algues (unicel·lulars i pluricel·lulars) i els bacteris. Les macroalgues -cloròfits, feòfits i rodòfits- acostumen a trobar-se sobre fons rocosos, des de una mica per sobre de la superfície fins a més de 100 m de fondària (algunes espècies). Les fanerògames marines són més freqüents a fons sedimentaris, on la possessió d'arrels els dóna un avantatge enfront les algues. Són més restrictives en quant a profunditat, ocupant la franja batimètrica que va des d'immediatament sota la superfície fins a 35-40 metres, rarament més. Les microalgues poden recobrir qualsevol tipus de substrat, mentre que els eubacteris i els cianobacteris tenen una presència més marginal en aquest context .

Pel que fa la resta d'organismes, comunament anomenats bentos animal, hi trobem:

- Organismes suspensívors, adherits al substrat i que capturen la matèria en suspensió.
- Organismes semidentívors, que s'alimenten de la matèria dipositada al fons marí barrejada amb el sediment.
- Organismes detritívors, que s'alimenten de restes orgàniques mortes.
- Organismes herbívors, que mengen productors primaris.
- Organismes carnívors, que s'alimenten d'altres consumidors.

Les característiques ambientals del bentos seran els factors condicionants per al desenvolupament de les comunitats bentòniques, i concretament de les praderies de fanerògames marines. Principalment, aquests ecosistemes seran sensibles al tipus de substrat, a la disponibilitat de llum, a l'hidrodinamisme, a la presència de nutrients i a la temperatura i la salinitat.

3.2. Disseny del procediment

3.2.1. Inventari i descripció dels béns i serveis associats als prats de fanerògames

Aquesta recerca és la que respon al primer objectiu (identificar i descriure els béns i serveis subministrats pels ecosistemes de fanerògames, tot aplicant el coneixement general al cas concret de les praderies de *Posidonia oceanica*).

Es va partir de dos articles àmpliament reconeguts que tracten sobre els béns i serveis ecosistèmics. El primer d'ells va ser el de Costanza *et al*., (1997) per a una aproximació inicial a la temàtica i després el de Beaumont *et al*., (2007) que acota l'àmbit d'estudi al medi natural marí.

A partir d'aquí es varen anar seguint les ressenyes bibliogràfiques a més a més d'efectuar una cerca paral·lela d'altres articles o informes. Així doncs, després d'un llarg període de recerca bibliogràfica, es podria distingir la informació segons si parlava sobre béns i serveis a escala global (Costanza *et al.,* 1997; De Groot *et al*., 2002), o si ho feia de manera individual, fent descripcions i quantificacions per a ecosistemes en particular (Wiethüchter, 2007). De fet, l'inventari que s'ha efectuat en aquest estudi engloba tots els béns i serveis que s'han anat localitzant en diferents fonts i que són vàlids per a un ecosistema de fanerògames marines. Alhora s'ha pretès ordenar-los seguint la metodologia de Beaumont *et al.* (2007), segons si es tracta de béns i serveis de producció, de regulació, culturals, de suport o altres béns i serveis. No obstant, cal remarcar que Beuamont *et al.* (2007), fan referència a la biodiversitat marina de manera global, i per tant, el seu inventari difereix en molts aspectes al nostre, molt més específic.

Una vegada identificats els béns i serveis, es va determinar quina era la importància de cadascun d'ells dins la costa catalana. Això es va fer seguint un criteri expert i reforçant-ho amb l'ampliació de la cerca bibliogràfica, com ara Romero (2004), Borum i Terrados (2004), Romero (1988), Smith i Kinsey (1976), Terrados i Duarte (1999), etc.

3.2.2. Inventari i quantificació de la degradació dels prats de fanerògames marines a la costa catalana

Sobre la degradació de l'ecosistema hi ha tres línies diferenciades pel que fa a la recerca d'informació.

Per una banda, les causes que generen impactes en els ecosistemes de fanerògames marines han estat extretes majoritàriament de Romero (2004). Però la discussió d'aquestes causes s'ha extret de la informació bàsica inicial i de Marbà (2009) (o d'articles citats per aquesta autora). Aquesta última font

correspon al capítol segon del llibre editat per la Fundación BBVA, que té per títol "Global Loss of Coastal Habitats. Rates, Causes and Consequences".

La segona part, que és la que pretenia detectar quins símptomes presenta un ecosistema de fanerògames quan es degrada, també va estar basada en Romero (2004). Amb aquesta informació es va elaborar un mapa conceptual que relaciona els diferents efectes que els agents de degradació causen tant a les plantes com a l'ecosistema associat.

Per últim, per a quantificar quina és la pèrdua en l'abundància d'aquests ecosistemes entre un hipotètic estat "pre-industrial" i l'actualitat, es varen utilitzar les dades de l'informe "Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de *Posidonia oceanica* a Catalunya, com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals" (Romero *et al.,* 2009), i concretament, les referents a les 30 estacions de la xarxa bàsica (mapa 6) per a l'any 2008.

Mapa 6: Localització de les estacions de control de la xarxa operativa a la costa catalana

Font: Informe "Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de *Posidonia oceanica* a Catalunya, com a iniciadors de qualitat de les aigües litorals", (2009).

El programa de seguiment dels herbeis de *Posidonia oceanica* és una iniciativa que sorgeix de l'ACA (Agència Catalana de l'Aigua) i que executa el Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona. La iniciativa és una resposta als objectius i exigències de la Directiva Marc de l'Aigua, que dins una de les seves polítiques específiques pretén avaluar l'estat ecològic de les aigües costaneres. La fanerògama marina *P. oceanica* i el seu ecosistema s'utilitzen com a elements per a determinar la qualitat ecològica (BQE, Biological Quality Element) de les masses d'aigua. D'una manera molt general, val a dir que per a cada estació de la Xarxa es calcula el seu EQR (Ecological Quality Ratio), que és un número que va des del 0, per a les masses d'aigua amb una qualitat pèssima, a l'1, per a les masses d'aigua amb una qualitat òptima. Una cop calculat l'EQR, la DMA exigeix la definició de quatre valors crítics que permetin classificar la massa d'aigua (o l'element de qualitat) en un dels cinc estats possibles, de molt bo (high) a dolent (bad).

L'estat eclògic pitjor (dolent) correspon, per definció, a unes condicions ambientals tant dolentes que no són compatibles amb la supervivència de la praderia; els altres estats corresponen a situaciones de deterioració variable, fins a arribar a condicions totalment inalterades.

EQR	Estat ecològic	Color
<0.1	Dolent	
0.1-0.324	Deficient	
0.325-0.549	Mediocre	
0.550-0.774	Bo	
0.775-1	Molt bo	

Taula 3: Relació entre els valors de l'EQR i l'estat ecològic definit per la Directiva Marc de l'Aigua

Font: Informe "Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de *Posidonia oceanica* a Catalunya, com a iniciadors de qualitat de les aigües litorals". Any 2009.

A tall d'exemple s'indiquen els resultats dels valors de l'EQR per a les 30 estacions l'any 2008:

ESTACIÓ DE MOSTREIG	Estat ecològic 2008
Cala Rovellada	0.682
Port de la Selva	0.725
Cala Tamariua	0.723
Cala Culip	0.815
Cala Jugadora	0.659
Cadaqués	0.526
Cala Montjoi	0.550
Roses II	0.551
Roses I	0.340
Cala Montgó	0.457
Illes Medes	0.701
Platja de Sa Tuna	0.578
Llafranc	0.558
Palamós	0.432
Sant Feliu de Guíxols (Cala de Vigatà)	0.609

ESTACIÓ DE MOSTREIG	Estat ecològic 2008
Tossa de Mar	0.675
Cala Canyelles	0.641
Platja de Fenals	0.863
El Balís	0.790
Mataró	0.709
Sitges (Aiguadolç)	0.352
Vilanova i la Geltrú	0.466
Coma-ruga (Roda de Barà)	0.317
Torredembarra	0.272
Salou	0.175
Mont-roig del Camp (Punta de Pixerota)	0.284
L'Hospitalet de l'Infant	0.455
Calafat	0.542
L'Ametlla de Mar	0.450
Cap Roig	0.328

Taula 4: Valors de l'EQR per a les estacions de la xarxa operativa

Font: Informe "Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de *Posidonia oceanica* a Catalunya, com a iniciadors de qualitat de les aigües litorals". Any 2009.

D'altra banda, també han estat necessàries les dades d'abundància del mateix informe. En el cas de les fanerògames marines, considerem que aquesta abundància té quatre components:

L'**extensió** és la superfície total que ocupa un prat de fanerògames marines (mesurada en unitats d'àrea), considerada com una unitat de paisatge.

Dins d'aquesta unitat, hi ha una alternança de zones amb vegetació i de clapes de sorra. És a dir, la praderia no és necessariament contínua. La **cobertura** és, per tant, la proporció de substrat, dins d'un prat, ocupat per *Posidonia oceanica* viva. Hi ha diferents tècniques per a avaluar la cobertura. Al l'informe, les dades s'estimen en una immersió de manera visual.

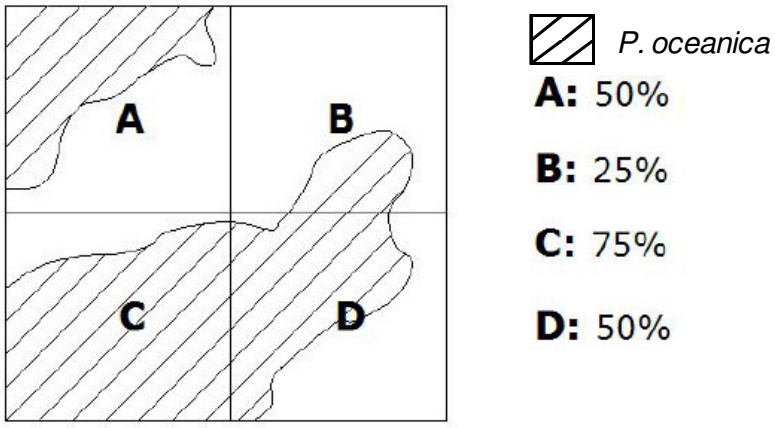


Figura 3: Exemples de percentatges de cobertura en funció del recobriment

Font: informe del CRAM "Estado de las praderas de *Posidonia oceanica* en el litoral catalán (2006-2007)"

A dins les zones amb vegetació, la praderia pot ser més o menys densa. Entenem per **densitat** el nombre de feixos (unitats bàsiques de les fanerògames marines que consisteixen en un conjunt de fulles a l'extrem d'un eix de creixement vertical) per uniat de superfície. Habitualment, la **densitat** es mesura fent un cert número de recomptes en 12 quadrats de mida determinada (40X40 cm, per exemple).

Per últim, les fulles que composen un feix poden ser més o menys grans. A això fa referència el quart component, la **superfície foliar**, que es defineix com la superfície mitjana de fulles que té un feix (expressada en cm^2/feix).

Globalment, l'abundància de l'espècie formadora és un indicador que ens permet avaluar de manera aproximada quina és la pèrdua quantitativa en un ecosistema.

Per poder estimar la pèrdua en bens i serveis associada a la deterioració dels prats de fanerògames marines a la costa catalana, partim de la hipòtesi de què aquesta pèrdua es proporcional a la pèrdua d'abundància en alguns dels quatre components esmentats, o en tots ells (veure més endavant). Per tal de poder estimar l'abundància en un estat "pre-industrial", hem utilitzat les dades de cobertura, densitat i superfície foliar de les estacions amb millor estat ecològic, és a dir, d'aquelles que a l'any 2008 presentaven un valor de l'EQR igual o superior a 0.7 (veure taula 4).

A continuació es va calcular la pèrdua o guany d'aquestes tres components entre l'estat "pre-industrial" i l'estat actual (any 2008). Pel que fa la extensió, partim del supòsit de què l'extensió actual ve a ser d'un 75% de la que devia ser fa un parell de segles (Romero *et al*. 2007).

3.2.3. Quantificació de la pèrdua de béns i serveis a la costa catalana associada a la degradació dels prats de posidònia

Primerament dir que aquesta quantificació només s'ha fet per a aquells béns i serveis que tenen una importància elevada o mitjana dins la costa catalana (veure taula 5). Per a cadascun d'ells s'han fet suposicions raonables basades en coneixements adquirits per determinar a quines components de l'abundància està més associat. Aquestes suposicions s'han confirmat amb consultes a experts. La pèrdua relativa d'un bé o servei determinat entre el moment present i un hipotètic estat "pre-industrial" es considera proporcional a la pèrdua d'abundància soferta pels prats. Pels béns o serveis que depenguin de totes quatre components de l'abundància, la pèrdua P (en tant per u) serà:

$$P= 1-((1-A) \times (1-B) \times (1-C) \times (1-D))$$

on A, B, C i D són respectivament, el tan per u de pèrdua de cada una de les components de l'abundància des de l'estat "pre-industrial" fins l'actualitat. Aquestes pèrdues en tant per u es transformen en l'abundància "que queda", que aleshores es multipliquen entre si. Per últim, es tornen a transformar en pèrdues restant-ho a l'u.

Per a béns o serveis que depenen de menys de quatre components, el càlcul es fa amb la mateixa expressió però eliminant els termes innecessaris.

4. Resultats i discussió

4.1. Béns i serveis associats als ecosistemes de fanerògames marines

4.1.1. Síntesi

Els resultats de la recerca referents als béns i serveis associats als ecosistemes de fanerògames marines són extensos i per a exposar-los de manera més clara, s'ha optat, primerament, per a presentar-los a mode d'inventari (taula 5).

En aquest inventari es pretenen sintetitzar els principals béns i serveis que els ecosistemes de fanerògames marines ens subministren. S'han separat en funció de si es tracta de béns i serveis de producció, serveis de regulació, béns i serveis culturals, béns i serveis de suport o altres béns i serveis (referits al futur).

				Importància a la costa catalana
Béns i serveis de producció:	- Provisió d'aliments per al consum humà	○ Peixos		Baixa
		○ Altres		Marginal
	- Matèria primera	○ Adob		Marginal
		○ Material de construcció		
		○ Medecines		
		○ Element decoratiu		
		○ Material d'embalatge		
		○ Biocombustibles		
	- Producció de sediments carbonatats			Moderada
Serveis de regulació:	- Regulació dels gasos i del clima	○ Embornals de carboni		Alta
	- Regulació del cicle de nutrients	○ Fixació de nitrogen i desnitrificació		Alta
		○ Intervenció en cicles d'altres nutrients		Desconeguda
	- Autodepuració	○ Tractament de tòxics	▪ Immobilització de metalls	Desconeguda
			▪ Immobilització d'hidrocarburs	
			▪ Immobilització d'altres substàncies tòxiques d'origen antròpic	
			▪ Depuració de nutrients	Alta
	- Protecció del medi	○ Protecció de la costa dels temporals		Marginal
		○ Control de l'erosió i de la sedimentació en el fons marí		Moderada
Béns i serveis culturals:	- Identitat cultural			Moderada
	- Beneficis cognitius	○ Educació ambiental		Moderada
		○ Divulgació		
		○ Recerca		
	- Oci i temps recreatiu	○ Busseig		Baixa
		○ Pesca recreativa		
Béns i serveis de suport:	- Manteniment de la biodiversitat			Alta
	- Provisió d'hàbitat			
	- Resiliència i resistència del sistema			
Altres béns i serveis:	- Possible coneixement i beneficis futurs	○ Serveis d'aprovisionament		Desconeguda
		○ Recursos mèdics, genètics, etc.		

Taula 5: Béns i serveis proporcionats per un ecosistema de fanerògames marines i importància que tenen dins la costa catalana

Font: elaboració pròpia a partir dels criteris de diferents autors

Alhora, per a cadascun dels béns i serveis es designa quina és la importància que té dins el context de la costa catalana, sigui marginal, baixa, moderada, alta o desconeguda, assignació que es raona a continuació. Aquesta última categoria fa referència a aquells aspectes en els quals hi ha evidències científiques de que els prats de fanerògames hi juguen un paper, però que encara no es coneixen del tot els mecanismes implicats.

4.1.2. Béns i serveis de producció

Els béns i serveis de producció són tots aquells beneficis obtinguts directament del medi.

Provisió d'aliment per al consum humà

Aquest bé consisteix en l'extracció d'organismes marins per al consum humà. Els animals marins acostumen a ser un aliment bàsic en la majoria de societats. L'extensió de la indústria pesquera en particular, és un clar exemple de la importància d'aquesta funció. Principalment ens referim a dos tipus de producció: per una banda, la producció de peixos, i per l'altra, la producció d'altres animals marins. En el nostre país, les espècies de peixos que pesquem i que viuen, formen part o tenen a veure amb l'ecosistema de fanerògames marines són espècies com ara sards, llobarros, orades, serrans, escòrpores, etc. En la resta d'espècies no piscícoles que els humans també capturem s'hi inclouen equinoderms (garotes), mol·luscs (bivalves, cefalòpodes i gasteròpodes) i crustacis.
Els ecosistemes de fanerògames marines juguen un paper important en el creixement i manteniment de les poblacions d'aquestes espècies, moltes d'elles objectiu de pesqueries artesanals. Aquest paper és concreta en diferents processos ecològics, com poden ser: alimentació, recer, lloc de posta, lloc de refugi per les fases juvenils, etc.
La importància d'aquest bé dins la costa catalana és baixa per al cas de la producció pesquera i marginal per al de la producció d'altres animals. S'ha de tenir en compte que els prats de fanerògames marines no ultrapassen a casa nostra els 27-28 m de fondària, profunditat a la qual no s'efectua pesca de ròssec, ni altres arts industrials (d'encerclament o palangre). La pesca amb aquests tres arts durant l'any 2010, va representar aproximadament el 90% de les captures totals a Catalunya, segons dades del Departament de Pesca de la Generalitat de Catalunya. Pel que fa a la producció d'altres animals, trobem l'exemple del cargol de punxes; aquesta espècie viu sobre fons sorrencs i fangosos, prop dels alguers de posidònia. És el cargol més abundant a les nostres costes, i l'any 2010 se'n va capturar prop de 150 tones. Aquest valor representa menys del 0,5% de les captures totals d'aquest any, com veiem, un valor marginal.

Provisió de matèries primeres

Amb aquest concepte ens referim a l'extracció de recursos biòtics renovables per a diferents usos, exceptuant el consum alimentari humà. Trobem diverses primeres matèries provinents dels organismes marins, com és el cas de les algues utilitzades com a fertilitzants, les pastes de peix utilitzades en aqüicultura, diferents invertebrats utilitzats en la indústria farmacèutica, o altres usos com ara ornamentals (per exemple, bivalves). En aquest cas només ens centrem en aquells recursos obtinguts directament de les fanerògames, com ara:

- Ús de cendres de fanerògames marines com a ciment.
- Ús de les fulles per a construir teulades (Illes Pitiüses) .
- Ús de les fanerògames com a medicines per la seva atribució de propietats aperitives, vulneràries i astringents.
- Ús de restes de fanerògama com a combustible per a calderes.
- Ús de les fulles com a protector per materials fràgils com ara el vidre.
- Ús per a elements decoratius.
- Ús com a complement per a pinsos.
- Altres usos.

Figura 4: Fulles de *Zostera marina* emprades per a la construcció d'una teulada d'una casa rural

Font: J. Borum, 2004, Informe " European seagrasses: an introduction to monitoring and manegement"

Aquest bé es considera que no és gens important. Si més no, els mercats convencionals no han fet cap tipus de valorització d'aquest recurs. Borum i Terrados (2004), posen molt d'èmfasi en aquesta tipologia de producció en

l'Informe "European seagrasses: an introduction to monitoring and management" per a recalcar la seva importància a la Mediterrània en èpoques passades. No obstant, les úniques pràctiques i usos que avui dia ens queden són més aviat de caire anecdòtic.

Producció de sediments carbonatats

Els herbeis de *Posidonia oceanica* contribueixen a la producció de sediments calcaris gràcies a la deposició d'organismes amb closques o d'altres elements calcaris que hi viuen associats, molt especialment els epífits de les fulles (algues calcàries, foraminífers, briozous...), però també els que viuen als rizomes o al sediment entre les plantes (mol.luscs, equinoderms, antozous...).

Probablement, els epífits són la font més importants de carbonats (Romero, 1988). El desenvolupament de la coberta de prats marins, juntament amb la seva colonització són factors que posteriorment afectaran la dinàmica sedimentària així com també la composició dels sediments.

Prof.	g/haz	haces/m^2	g/m^2	%CZ	%CO_3	gCO_3/m^2
5	0.225	628	141	.	.	82
6.5	0.292	540	158	.	.	92
				72	81	
8.7	0.597	455	271	.	.	158
13	0.465	340	158	.	.	92

Taula 6: Valors de biomassa (màxima anual) d'epífits, referents a feixos (g/feix) i a metre quadrat de substrat (g/m^2). També hi consta la densitat del prat a cada profunditat (feix/m^2), els valors mitjans de cendres (CZ) i carbonats, així com també una estima anual de la producció de carbonats

Font: J. Romero, 1988.

Aquesta taula, referida a un estudi elaborat a les Illes Medes, ens mostra, entre altres coses, una estima de la producció anual de carbonats, calculada a partir de la biomassa d'epífits dipositada. Independentment dels valors obtinguts per a cada profunditat, veiem que els valors de producció de carbonats són superiors als 80 g/m^2. Comparant aquesta producció amb un ecosistema d'esculls coral·lins -aproximadament 4 kg de carbonat càlcic per metre quadrat i any (Smith and Kinsey, 1976)- veiem que els valors en les praderies de posidònia són notablement inferiors, tot i que no es poden menysprear, especialment en el context mediterrani on no hi ha esculls coral·lins. Si acceptem un valor mínim de 4000 Ha de prats al litoral català (i ja hem comentat que el valor real pot ser bastant superior) això vol dir una producció anual de carbonats que supera les 3.000 tones.

4.1.3. Serveis de regulació

Els serveis de regulació inclouen tots aquells beneficis que obtenim els humans que provenen del la capacitat de regulació per part dels ecosistemes de processos rellevants per la qualitat del medi que habitem. Concretament aquests serveis es refereixen a la capacitat dels sistemes naturals de regular processos de suport a la vida a través de cicles biogeoquímics i altres processos de la biosfera.

Regulació dels gasos i el clima

Aquesta funció es basa en la contribució al manteniment de la composició de l'atmosfera, i més específicament al manteniment de les concentracions dels gasos amb efecte hivernacle per part de l'ecosistema de fanerògames. La composició de l'atmosfera es manté gràcies a un conjunt complex d'interaccions, en el què aquests ecosistemes juguen un cert paper. Les conseqüències econòmiques i socials de canvis en la composició de l'atmosfera i, de retruc, en el clima, són molt importants.

El manteniment de la qualitat de l'aire i de les aigües depèn de processos com ara la regulació dels halurs orgànics volàtils, de l'ozó, de l'oxigen, del sulfur de dimetil o del diòxid de carboni. Les fanerògames marines contribueixen essencialment en la regulació d'aquest últim gas, l'increment del qual a l'atmosfera és actualment causa de preocupació per part dels científics i de la societat en general.

Quantitativament, el paper més important que fa un prat és el d'emmagatzematge de carboni. Les fanerògames marines i la resta d'organismes que hi viuen associats actuen com a reservoris de carboni emmagatzemant aquest element en els seus teixits, però sobretot facilitant-ne l'enterrament. Aquests embornals estan associats al carboni orgànic; d'una banda, quan el carboni emmagatzemat als rizomes va quedant enterrat sense degradar-se, i d'altra banda, quan el carboni provinent de parts mortes de la planta va quedant dipositat al medi en condicions anòxiques. Es formen doncs, unes parets submarines gairebé verticals, de materials en forma orgànica que queden apartats del cicle i preservats durant temps probablement geològics. Aquestes acumulacions contribueixen a retirar diòxid de carboni del mar i per tant de l'atmosfera, reduint així l'escalfament degut a l'efecte hivernacle.

S'estima que aquests ecosistemes marins són els responsables del 12% de l'emmagatzematge total de carboni en els sediments oceànics (Borum i Terrados, 2004). D'altra banda, la producció primària de *Posidonia oceanica* representa un 1% del total de producció al mar i als oceans (Borum i Terrados, 2004). Pel que fa la producció primària d'un alguer tipus de posidònia, aquesta s'estima entre 400 i 500 g C/m^2·any (Abellà *et al.*, 1989). Comparant aquests

valors, veiem que estan per damunt de la mitjana de la producció primària en els continents (300 g C/m^2·any) i en els oceans (100 g C/m^2·any) (Abellà *et al.,* 1989). Dels 400 o 500 g C/m^2·any citats, el 80% són respirats pels prats (Barrón *et al.,* 2006 *in* Marbà, 2009), i per tant, assumim com a valor net de fixació 72 g C/m^2·a (Barrón *et al.,* 2006 *in* Marbà, 2009).

En un prat de la Costa Brava es va quantificar que, al voltant del 26% del carboni produït per la planta en un any era immobilitzat en forma d'embornal (Mateo i Romero, 1997). Si adoptem aquest valor, com a mínim, per al conjunt dels prats de la costa catalana, trobaríem que s'immobilitzarien aproximadament 750 tones de carboni cada any (acceptant una extensió mínima del conjunt dels prats de 4000 Ha) en tota aquesta àrea geogràfica. Per tant, aquesta xifra aproximada representa el total de carboni que gràcies a aquest conjunt de prats es retira cada any del cicle. Val a dir, que probablement aquest valor sigui superior, bé perquè la superfície real de praderies de posidònia a la costa catalana sigui en realitat major, bé perquè la taxa d'enterrament de carboni també pot ser superior a la indicada. Per exemple, en un estudi realitzat en tres zones alacantines i tres de catalanes, els resultats indiquen que el valor d'enterrament de carboni és de 58 g C m^{-2}·any^{-1}(Mateo *et al.*, 1997), amb la qual cosa, si apliquéssim aquest valor per al conjunt de la costa catalana, tindríem un valor final d'enterrament de carboni de 2320 tones anuals.

El balanç que presenta *Posidonia oceanica* entre la fixació de CO_2, el posterior enterrament de carboni i l'alliberament de CO_2 per respiració, determina que les pastures marines juguin un paper tant important en la regulació del cicle del carboni (i per tant, en la regulació dels gasos i del clima) (Borum i Terrados, 2004).

Regulació del cicle de nutrients

Els prats de fanerògames marines influeixen de manera decisiva als cicles de nutrients. Aquestes plantes poden obtenir els nutrients de l'aigua, però també del sediment, essent els únics productors que poden explotar la reserva hipogea de nutrients al mar. Un cop assimilats, poden emmagatzemar-se a la seva biomassa o incorporar-los a les xarxes tròfiques. Tots aquests processos són essencials, sobretot pel nitrogen, el fòsfor i, probablement, per alguns metalls imprescindibles per a la vida. Finalment, als prats de fanerògames es donen condicions idònies per la desnitrificació i, en certes àrees, també per la fixació de nitrogen.

Aquest paper de fixació del nitrogen per part de *Posidonia oceanica* està força discutit. No obstant, per a altres fanerògames, com ara *Thalassia sp.,* s'ha vist que alguns organismes epífits com ara cianobacteris són fixadors força actius (Sumich, 1980). Per *P. oceanica* ho suggerim a tall d'hipòtesi.

D'altra banda, sí que s'ha observat la desnitrificació del medi que fan les plantes, sobretot en condicions d'eutrofització, donat que la desnitrificació requereix baixes tensions d'oxigen. S'ha demostrat que en els sistemes temperats amb sediments siliciclàstics i continguts orgànics relativament alts -com és el cas de la costa catalana- les taxes de desnitrificació són molt importants.

Donat que la fixació de nitrogen tindria lloc a les zones més oligotròfiques i la desnitrificació a les més eutròfiques, les praderies de *P. oceanica*, de ser certa la seva contribució a la fixació, actuarien com mecanismes homeostàtics per aquest element.

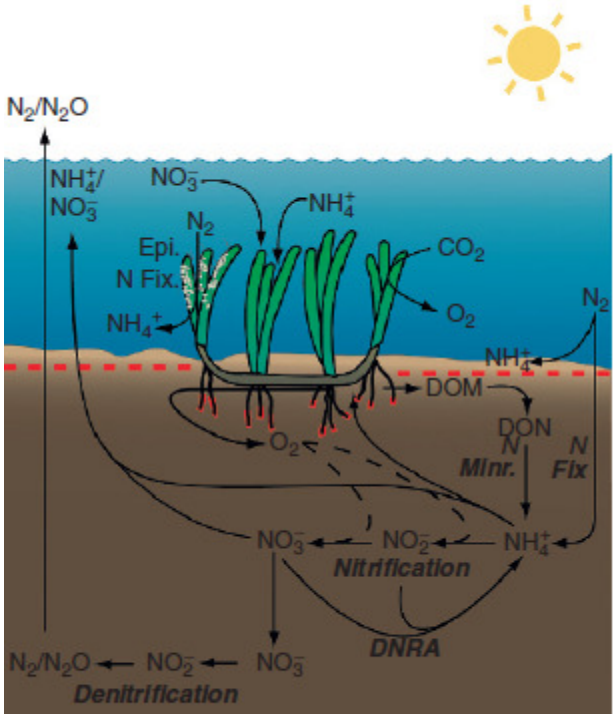


Figura 5: Influències dels prats de fanerògames en el cicle del nitrogen. La línia vermella simbolitza la interfase entre els processos òxics i anòxics

Font: Capone *et al.*, 2008

A més del carboni, l'oxigen i el nitrogen, els nutrients més importants per a les fanerògames marines són el fòsfor i el sofre, a més d'altres macroelements i oligoelements. La disponibilitat d'aquests nutrients és sovint un factor limitant per al creixement i la supervivència dels organismes, sobretot a finals d'estiu i a principis de la primavera, quan les plantes creixen molt de pressa i la disponibilitat de nutrients és baixa (Alcoverro *et al.*, 1995). La recirculació de nutrients és, per tant, un aspecte indispensable i essencial.

Segons Brenner *et al., (*2010), la valoració econòmica d'aquest servei de regulació a la costa catalana és de 24.228 $/ha·any, la més elevada per a aquest ecosistema. A més a més, també afirmen que dins la valoració dels béns i serveis produïts en tota la costa catalana, el 93% de la regulació del cicle de nutrients és gràcies als prats marins.

Concretament per al cas de l'absorció de nitrogen, Dennison (2009) fa una comparació molt gràfica d'aquest servei en prats de *Posidonia sp*, dient que si tinguéssim un prat de la mida d'un camp de futbol, aquest seria capaç d'absorbir 5,8 kg de nitrogen cada any. Això suposa un valor equivalent al de tractar les aigües residuals de 780 persones durant un any.

Autodepuració

El terme d'autodepuració fa referència a l'eliminació de possibles contaminants per mecanismes naturals, que en el cas d'aquestes plantes són emmagatzematge, enterrament i reciclatge.

Una quantitat significativa de deixalles humanes es diposita en el medi ambient marí. El material de rebuig pot ser orgànic (com ara el petroli, o les aigües residuals, sobretot pel que fa al seu contingut en organoclorats) o bé inorgànic (com ara metalls). Algunes d'aquestes substàncies poden ser absorbides per les fulles o les arrels de les fanerògames marines, i posteriorment emmagatzemades en les seves estructures (Dennison, 2009), o bé, en el cas de la matèria orgànica, pot ser metabolitzada per l'ecosistema. Aquest procés de desintoxicació, depuració i purificació de les aigües és d'una importància fonamental per a la salut dels ecosistemes marins, i té dues vessants diferenciades:

- **Immobilització de metalls, hidrocarburs i altres substàncies tòxiques d'origen antròpic:** aquest servei es basa en la incorporació de substàncies químiques en l'estructura de la planta, o immobilització d'aquestes mitjançant l'enterrament de detritius. Un exemple d'això és la detecció, els anys 1997 i 1998, de nivells baixos d'atrazina, de diuró, lindà, dieldrín, DDT i DDE en el sediment i/o prat marí de les zones intermareals i submareals compreses entre les illes de Torres Strait i la badia de Moreton (Austràlia) (Haynes *et al.,* 2000). Aquest té l'origen en l'ús extensiu de diferents compostos en el sistema agrícola de Queensland, a Austràlia.

- **Depuració de nutrients**: el paper de les praderies de fanerògames és molt important en la depuració de les aigües eutrofitzades; són capaces de captar nitrogen i retenir-lo en els seus teixits que, com s'ha dit abans, poden ésser enterrats, i també, com ja s'ha dit, afavoreixen la desnitrificació.

Aquest servei encara és desconegut a les nostres costes en el cas de la immobilització de substàncies tòxiques d'origen antròpic. Hi ha indicis que ens fan pensar que és així, tal i com passa als prats de fanerògames marines de la costa australiana. Les espècies per les que això ha estat descrit són *Cymodocea serrulata, Halodule uninversis* i *Zostera capricorni* , amb la qual cosa els mecanismes implicats a les espècies mediterrànies poden ser diferents.

En el cas de la depuració de nutrients, cal mencionar el nitrogen, element molt important en els mars oligotròfics, ja que un augment d'aquest component pot causar fàcilment l'eutrofització de les aigües. La capacitat que tenen les fanerògames marines de captar nitrogen i retenir-lo temporalment a les seves estructures els dóna una importància fonamental en la depuració de les aigües eutrofitzades. I és que com ja s'ha explicat, en els sediments de *Posidonia oceanica* es duu a terme desnitrificació. D'altra banda, les condicions d'eutròfia, a part d'afavorir la desnitrificació en els sediments de posidònia, tenen d'altres conseqüències molt més negatives o si més no difícils de predir.

Protecció del medi

La protecció del medi es basa en l'amortiment de les pertorbacions gràcies a les estructures biogèniques. Tant la flora com la fauna marina tenen una importància rellevant en la defensa de les regions costaneres ja que desenvolupen un paper clau en el control de l'erosió i la sedimentació del fons marí. D'aquesta manera es frenen els impactes de les tempestes i d'altres processos hidrodinàmics. La xarxa d'elements i espècies que conformen els ecosistemes de fanerògames marines estabilitzen els sediments i poden arribar a crear defenses naturals contra el mar. L'exemple més clar que trobem en la natura és el cas dels ecosistemes de manglars (Barbier *et al.*, 2008).

En definitiva, aquest servei proporciona seguretat per a la vida humana i les infraestructures costaneres.

El factor més important que protegeix la costa de les afeccions dels temporals és l'acumulació de fulles de *Posidonia oceanica* –en especial al Mediterrani- a les platges. Es tracta d'una protecció directa de la sorra davant la força de les onades. Per altra banda, també és important la protecció indirecta de la costa que fan les plantes de posidònia, ja que per una banda, amb les seves fulles esmorteeixen l'acció de les onades contra la platja i per l'altra fixen el sediment amb les seves arrels, encara que les conseqüències d'aquest fet encara no es coneixen prou bé. S'ha suggerit que aquesta fixació podria tenir un paper de protecció respecte a forces erosives.

El mecanisme de protecció de la costa enfront dels temporals a la costa catalana no és important; per una banda, no hi ha grans acumulacions de fulles

i rizomes a les platges (com sí que passa a altres llocs de la mediterrània com ara les Illes Balears), i per tant, aquest efecte físic de protecció no es duu a terme. Per altra banda, com que la majoria de prats existents al nostre litoral estan allunyats de la línia de la costa, l'efecte trencaones és gairebé menyspreable.

En el cas del control de l'erosió i la sedimentació en el fons marí, el seu paper és molt més clar a la costa catalana, ja que les fulles de *Posidonia oceanica* atenuen la força de les ones i dissipen la turbulència, reduint així la resuspensió de sediments i incrementant-ne la retenció enmig de les seves estructures. (Gacia *et al.,* 1999; Terrados i Duarte, 1999).

4.1.4. Béns i serveis culturals

Els béns i serveis culturals inclouen tots aquells beneficis no materials que obtenim dels ecosistemes.

Identitat cultural

Es tracta de beneficis que la biodiversitat aporta pel fet de contribuir al patrimoni natural i identitari d'una comunitat. Aquest aspecte es basa en el fet que la naturalesa sempre ha servit d'inspiració a la cultura. És per això que nodreix molts aspectes de la cultura, com ara la religió, el folklore, l'espiritualitat, les diferents arts plàstiques, l'arquitectura, el cinema, la fotografia, la moda, etc.

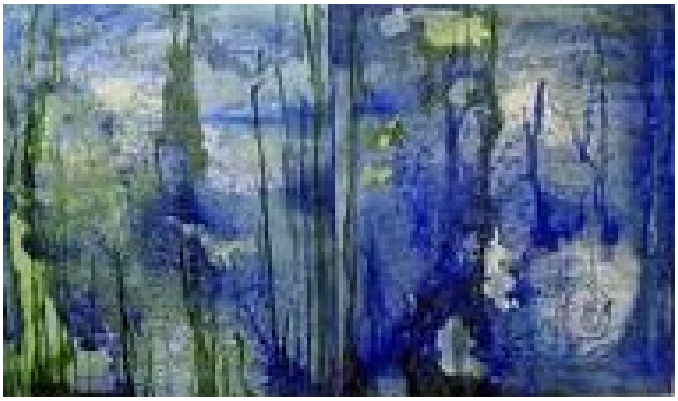


Figura 6: Pintura en forma de díptic de tècnica mixta i sobre tela, anomenada "Posidonia"

Autora: Mònica Ferrer Vidal

Les comunitats humanes que viuen a prop del mar sovint donen una importància especial als ecosistemes marins, ja que han jugat un paper important en la seva economia o en la seva cultura. La preservació de molts dels espais naturals està sovint associada a un fort valor simbòlic.

Potser aquest servei és el més subjectiu a l'hora de descriure. El fet que els herbassars de fanerògames siguin ecosistemes submergits, aparentment monòtons i sense gran impacte visual, fa que moltes persones els infravalorin. Però aquest és un tema més aviat relacionat amb la ignorància, ja que precisament és un servei valorat i apreciat únicament per les persones que el coneixen.

Beneficis cognitius

Aquest servei es basa en el desenvolupament cognitiu que aporta l'educació i investigació relacionades amb els ecosistemes de fanerògames marines.

Els ecosistemes naturals proporcionen gairebé il·limitades oportunitats per a l'estudi de la natura, així com nombrosos motius per a l'educació ambiental. Una conseqüència d'això són les múltiples publicacions d'articles científics relacionades amb aspectes teòrics i estudis elaborats amb prats de fanerògames.

Aquest servei es considera de moderada importància a la costa catalana. L'evolució d'aquesta funció en el temps no segueix uns patrons clars, si més no, en relació a la degradació d'aquests ecosistemes. Per una banda podríem pensar que, com la resta de serveis descrits, el seu guany o pèrdua depèn de l'abundància en els prats. Si aquesta fos la única raó de la seva evolució, tindríem que la degradació sempre implica pèrdua de beneficis cognitius. No obstant, si pensem que és independent de l'abundància, o si més no, que està influenciat per altres factors (com ara l'avenç en la ciència de la comunicació), tindríem un balanç final una mica diferent. Si bé és cert que la pèrdua total d'abundància implicaria que no existís objecte d'estudi i per tant, la pèrdua total d'aquest servei.

Ara bé, es podria donar el cas, fins i tot, de que la relació d'aquest servei fos inversament proporcional a la degradació, és dir, que durant el procés de degradació de les praderies, s'obrissin més fronts d'investigació, el públic se'n preocupés més, o es dugués a terme més divulgació o educació ambiental.

Un exemple d'això són la gran quantitat d'articles científics que basen la seva investigació en els factors que deterioren aquests ecosistemes, com ara: els impactes de la navegació d'esbarjo en els ambients marins del Cap de Creus (Lloret *et al.,* 2008), les variacions en la capacitat fotosintètica de *Posidonia oceanica* en condicions d'eutròfia i d'oligotròfia (Alcoverro *et al.,* 2000), etc.

S'han de tenir en compte com ja s'ha dit, altres factors que influencien l'evolució d'aquest servei ecosistèmic, com ara l'avenç en els mètodes científics, de l'avenç de la ciència de la comunicació, de les facilitats per a la investigació (diners destinats, per exemple), de les preferències en els estudis

científics, del ressò mediàtic, etc. D'aquest últim factor, és important dir que la percepció pública d'aquests ecosistemes és molt menor a la d'altres sistemes naturals. La taxa anual de publicació a nivell mundial per a temes relacionats amb els esculls de corall, per exemple, és quatre vegades superior a la dels ecosistemes de fanerògames marines. De la mateixa manera, existeixen una mitjana de 40 vegades més informes publicats sobre esculls que de fanerògames marines (Dennison, 2009). Les praderies marines no són tan vistoses ni impactants als ulls d'un observador casual, en comparació als colors i les formes observades en un escull de corall, aparentment més impressionant.

Oci i temps recreatiu

Aquesta funció del medi ambient es basa en l'estimulació del cos i la ment humana a través de la divulgació i les oportunitats de diversió que aquest ens ofereix.

La biodiversitat marina és la base per a una àmplia gamma d'activitats recreatives com ara l'observació d'aus, la pesca esportiva, el busseig, etc. En termes econòmics, la importància més rellevant d'aquest servei és en el turisme.

Relacionat amb aquest bé, cal mencionar també el valor estètic de les àrees naturals i paisatges, sovint quantificables -també econòmicament- a partir de la preferència de moltes persones per viure prop d'ambients estèticament bonics.

Aquest servei s'ha considerat de baixa importància a la costa catalana. És cert que és difícil de quantificar-lo, ja que normalment els prats de posidònia no són l'objecte directe del busseig, ni tampoc les captures dels animals que hi viuen. Més aviat, el gaudi d'aquests ecosistemes és un fet indirecte i per tant, no li atorguem una importància rellevant.

4.1.5. Béns i serveis de suport

Els béns i serveis de suport són tots aquells béns i serveis que no ens repercuteixen de manera directa, sinó que ho fan sobre d'altres organismes de l'ecosistema.

S'han classificat en tres categories –**manteniment de la biodiversitat, provisió d'hàbitat i resistència i resiliència del sistema**-, però que és difícil d'explicar-les de manera separada ja que estan molt interrelacionades.

En el Conveni Internacional sobre la Diversitat Biològica (Río, 1992) es va definir el concepte de biodiversitat com a la variabilitat d'organismes vius de qualsevol font, inclosos, entre d'altres, els ecosistemes terrestres i marins i altres ecosistemes aquàtics i els complexos ecològics dels quals en formen

part. Aquest concepte comprèn la diversitat dintre de cada espècie, entre les espècies i dels ecosistemes.

La biodiversitat d'aquests ecosistemes depèn bàsicament del grau de desenvolupament del prat, ja que milers d'espècies se'n beneficien directament o indirectament. S'estima que les praderies de posidònia proporcionen hàbitat a més de 400 espècies de flora i 1000 espècies de fauna (Ruiz *et al*., 2007), (Ballesteros *et al., 1994)*.

A les fulles de posidònia viuen infinitat de petits organismes epífits, com ara algues, briozous, crustacis, poliquets i mol·luscs. Als rizomes s'hi fixen organismes sèssils (ascidis, esponges...), sobre el sediment hi trobem garotes i holotúries, i enterrats, altres organismes més petits com ara copèpodes, cumacis, nematodes, etc. Es calcula que les praderies de posidònia mantenen una biomassa animal de 15 tones per hectàrea (segons el llibret "Les fanerògames marines de la costa catalana" publicat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya).

A les nostres costes, els herbeis de *Posidonia oceanica* són essencials per a la diversitat biològica ja que garanteixen la supervivència d'una gran varietat de peixos, mol·luscs i altres invertebrats. A més a més, les formes juvenils de moltes espècies es refugien entre les seves fulles. Aquest fet és important perquè fa que la mortalitat juvenil sigui més baixa en les zones de praderia respecte dels fons sorrencs sense vegetació. Quan creixen, es dispersen cap a altres indrets. D'aquesta manera, els prats de posidònia actuen com a focus emissor d'adults.

Figura 7: Comparació entre la biodiversitat present en un prat de posidònia i un fons sorrenc

Font: llibret sobre "Les fanerògames marines de la costa catalana", 2001.

A més, les fanerògames són capaces de formar praderies mixtes amb d'altres espècies d'herbes marines o algues, amb la qual cosa, s'aconsegueix una diversitat d'hàbitats encara molt més gran i capaç d'acollir a un rang més ampli d'espècies.

La presència de praderies marines transforma el fons del mar, proporciona aliment i refugi per a infinitat d'espècies, i alhora atrau els depredadors pelàgics augmentant així la diversitat d'aquest

sistema ecològic.

Borum i Terrados (2004) afirmen que l'abundància i diversitat de la fauna i flora que viuen a les praderies marines són "consistentment superiors" a les de les àrees adjacents sense vegetació. Els gràfics de la figura 7 també corroboren aquesta afirmació, ja que com podem veure, hi ha molta més abundància d'organismes allà on hi ha praderies. També Duarte (2000) afirma que el paper de la biodiversitat en els prats de fanerògames marines és d'alta importància per a 12 dels 17 béns i serveis que descriu en el seu article.

4.1.6. Altres béns i serveis

Es tracta d'altres béns i serveis que no són tangibles perquè es refereixen a possibles beneficis futurs.

Possible coneixement i beneficis futurs

Existeix la possibilitat de que en un futur, alguna de les diferents espècies de fanerògames marines contribueixi a una millora en la salut de les persones, com ara oferint algun component químic que pugui ser utilitzat en la síntesi d'algun nou medicament. També és possible que s'incrementi el seu aprofitament com a aprovisionament futur per a les poblacions humanes. Aquest servei inclou totes aquelles descobriments relacionats amb les propietats esmentades fins ara.

4.2. Causes i efectes del deteriorament de les praderies de posidònia

4.2.1. Síntesi

A la taula 7 es mostra de manera sintètica un resum de totes aquelles accions antròpiques que d'una manera o altra afecten negativament aquests ecosistemes tan vulnerables.

CAUSA	CONSEQÜÈNCIA	GRAVETAT DE L'IMPACTE
Abocament de matèria orgànica i nutrients	- Augment de la càrrega de nutrients i conseqüent eutrofització de les aigües - Augment de la terbolesa de l'aigua	
Vessament de contaminants	- Afectació a la planta i espècies acompanyants	
Abocament de salmorra	- Afectació a la planta i espècies acompanyants	

Pesca i aqüicultura	- Canvis en la xarxa tròfica per eliminació d'espècies clau - Arrencada directa de praderies - Eutrofització - Resuspensió de sediments i augment de la terbolesa.	●
Introducció d'espècies exòtiques	- Competència per l'espai i els recursos amb *Posidonia oceanica* - Toxicitat a causa dels metabòlits	●
Navegació i ancoratge	- Arrencada i aixafament de praderies - Aportació de matèria orgànica i contaminants des dels vaixells	●
Construccions i accions en la costa: - Dragatges - Ports - Espigons - Regeneració de platges - Soterrament de cables	- Alteració de la dinàmica sedimentària (risc d'erosió o d'enterrament). - Destrucció directa de les poblacions de fanerògames marines. - Canvis en la circulació de l'aigua	●
Pressió demogràfica a la costa i en especial turisme.	- Alteració i fragmentació dels hàbitats - Empitjorament de la qualitat de l'aigua - Augment de la sedimentació	●
Desastres naturals: - Tempestes - Huracans - Tifons, etc	- Arrencada de plantes - Alteració de la dinàmica costanera	●
Canvis en els usos del sòl	- Augment de l'erosió a terra (i per tant de la sedimentació al mar)	●
Canvi climàtic	- Escalfament global - Augment del nivell del mar - Augment de la concentració de CO_2	*

LLEGENDA

● Efecte molt greu

● Efecte sever

● Efecte moderat

* Efecte difícil d'avaluar donada l'escala temporal de l'impacte

Taula 7: Efectes de la degradació d'un ecosistema de fanerògames marines

Font: elaboració pròpia

La degradació i desaparició d'aquests ecosistemes acostuma a ser el resultat d'un, o més sovint, de la combinació de varis d'aquests factors d'estrès, que actuen en escales temporals i espacials diferents. La pèrdua actual de prats de posidònia -per exemple, a prop de les zones urbanes s'estima una disminució del 10% en els últims 100 anys en el món (Pergent *et al.*, 2009)-, il·lustra la vulnerabilitat d'aquests ecosistemes, així com la necessitat d'una major sensibilització pública i l'ampliació de les polítiques de protecció.

Figura 8: Abocament d'aigües residuals en un emissari en mal estat

Font: A. Lorente, per a l'informe del CRAM "Estado de las praderas de *Posidonia oceanica* en el litoral catalán (2006-2007)"

La pèrdua generalitzada de prats submarins, corroborada amb dades per autors com ara Pergent *et al.* (2009), és conseqüència del fort creixement de les activitats humanes i de la transformació costanera que aquestes comporten. Un 40% de la població mundial està assentada en zones de costa i s'hi ha de sumar el turisme i el transport marí, activitats que encara desplacen a més població de la que hi viu habitualment. Aquesta tendència es preveu que continuarà, ja que les possibilitats de desenvolupament que ofereix la costa són múltiples. Conseqüentment, si no es prenen les mesures adequades, és probable que els impactes sobre els ecosistemes de fanerògames marines es continuïn incrementant. Ara bé, per actuar i donar solucions concretes cal conèixer les causes. És d'aquesta manera que es podrà dur a terme una gestió adequada i eficient a aquesta problemàtica.

El problema principal que tenen aquests ecosistemes és que la recolonització de *Posidonia oceanica* en les àrees degradades és molt lenta, i fins i tot podem considerar la pèrdua irrecuperable a escales de temps humà (Marbà, 2009). Per tant, calen urgentment mesures correctores i de control per a millorar la qualitat del medi i frenar els impactes que amenacen aquestes poblacions.

4.2.2. Efectes del deteriorament dels ecosistemes marins

S'ha vist ja quines són les principals causes que deterioren els ecosistemes de fanerògames marines, i també que en la majoria dels casos l'activitat humana n'és la responsable.

El següent mapa conceptual ens mostra què és el que passa en l'ecosistema quan un prat es degrada. A la part inferior, veiem els efectes sobre la planta -com es relacionen entre ells i quina és la conseqüència última que la planta

pot patir-. I a la part superior veiem les conseqüències que es deriven de la mort de la planta i com afecten l'ecosistema.

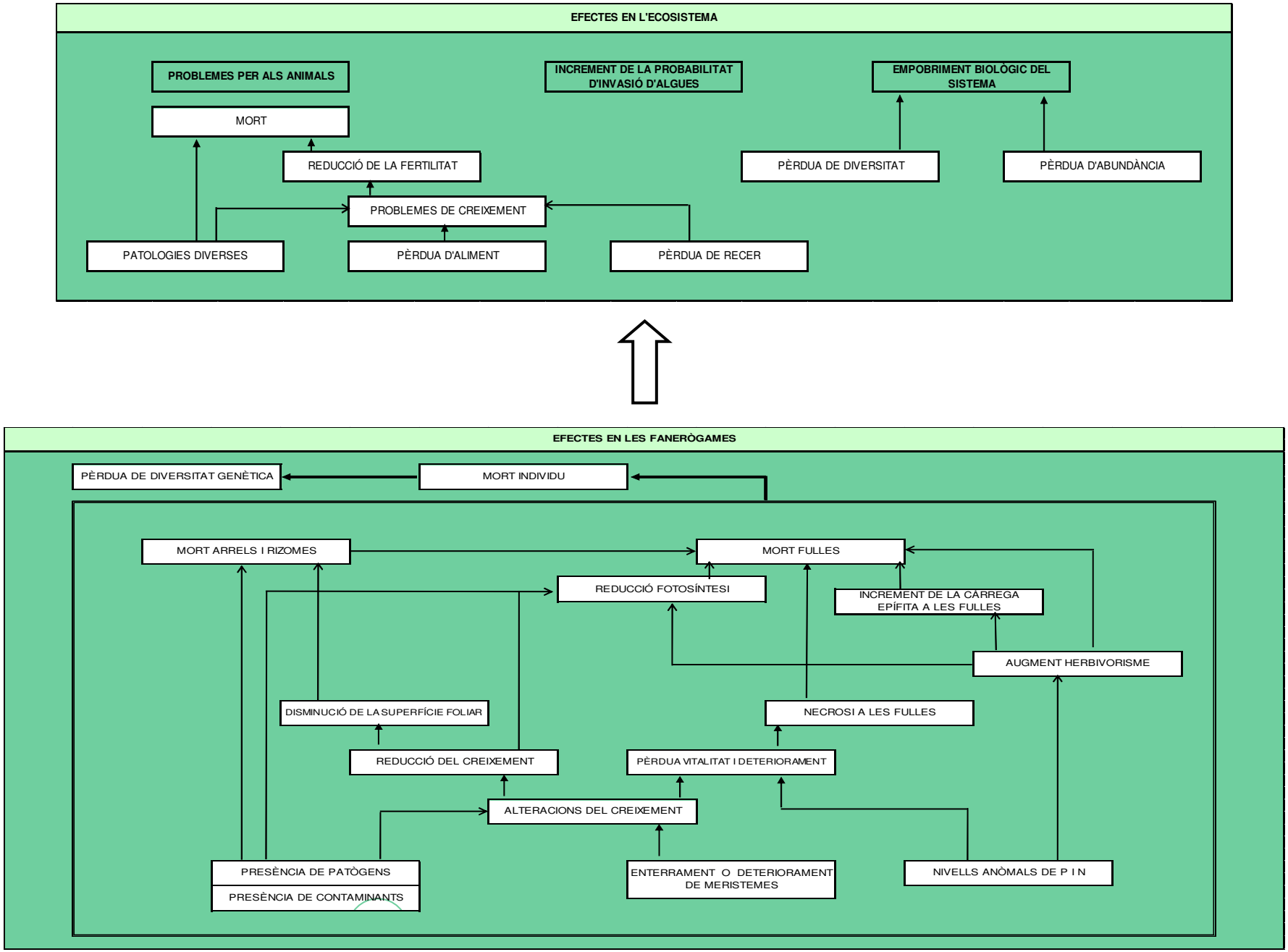


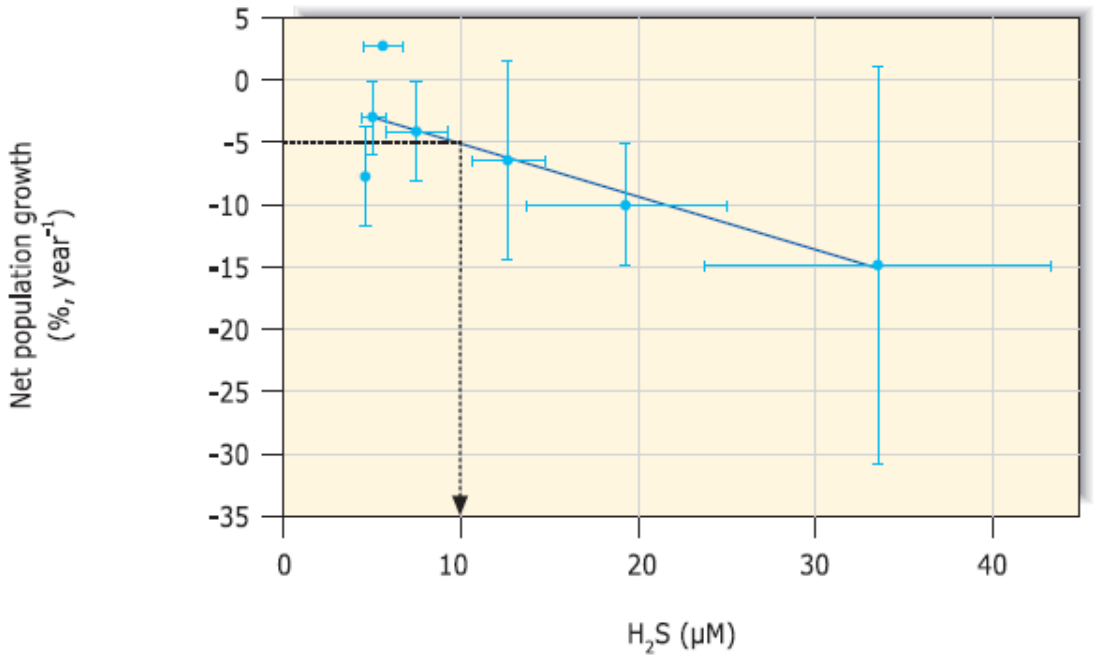
Figura 9: Mapa conceptual dels efectes de degradació d'un ecosistema de fanerògames marines

Font: elaboració pròpia

Aquest mapa conceptual pretén mostrar la jerarquia en els diferents efectes que pot patir la planta i l'ecosistema, independentment de l'origen que els ocasiona. Els efectes que estan representats a la part superior són els més severs i nocius per a la planta o l'ecosistema, mentre que els de la part de més avall, són menys perjudicials.

Les conseqüències representades a la figura 9 provenen de les causes mencionades abans, i es produeixen de manera gradual. No obstant, moltes de les pressions que rep l'ecosistema (sintetitzades en la taula 7) provoquen efectes sinèrgics que acceleren aquest procés (Duarte, 1995 *in* Marbà, 2009).

D'aquests impactes, el més perjudicial per als prats és l'eutrofització de les aigües (Marbà, 2009), ja que n'empitjora la qualitat. La càrrega de nutrients i de matèria orgànica incrementa la terbolesa, i en conseqüència, fa baixar la quantitat de llum que arriba a les fulles. La supervivència del prat, així com també dels organismes fotosintetitzadors que hi viuen depèn directament d'aquest factor lumínic (estimat com a mínim en un 11% d'irradiància) (Marbà, 2009). Però l'eutrofització també causa un augment de nutrients i de matèria orgànica en els sediments, cosa que no tolera gens bé *Posidonia oceanica*. S'ha comprovat que es produeix un declivi en els seus prats quan la quantitat de matèria orgànica i de fòsfor excedeix els 1 o 2 g m^2·dia^{-1} en pes sec i els 0,04 g m^2·dia^{-1} respectivament (Díaz-Almela *et al*., 2008b *in* Marbà, 2009). Aquest excés estimula l'activitat bacteriana, produint així un descens de l'oxigen del medi i conseqüentment un augment de les condicions anòxiques i la producció de sulfur d'hidrogen. El sulfur d'hidrogen en altes concentracions provoca un dany en el teixit meristemàtic, reduint així la supervivència i creixement de la planta (gràfic 1). En aquest sentit també, l'eutrofització fa augmentar la càrrega epífita de les fulles reduint-ne la capacitat fotosintètica fins al punt que es pugui produir la mort de la fulla.



Gràfic 1: Relació entre la taxa neta de creixement d'una població de *Posidonia oceanica* i la concentració de sulfur d'hidrogen en el sediment

Font: Calleja, Marbà i Duarte (2007) *in* Marbà (2009)

Els meristemes també es veuen afectats quan hi ha un desequilibri en el balanç sedimentari. *P. oceanica* no pot sobreviure a taxes d'enterrament superiors als 4-5 cm·any^{-1}, en detriment del seu creixement vertical (Manzanera *et al.,* 2011). D'altra banda, tampoc pot suportar taxes d'erosió massa elevades, ja que afecten a l'estabilitat del prat amb la possible arrancada dels brots. Les causes del desequilibri en el balanç de sediments són provocades principalment per:

- Les grans actuacions i infraestructures costaneres (ports, espigons, dragatges, regeneracions de platges, etc).
- L'abocament de matèria orgànica, contaminants, salmorra, etc.
- El canvi en els usos del sòl.

La pesca d'arrossegament i de teranyina, exercides a fondàries on viu la posidònia (i per tant, de manera il·legal), també són causa del moviment de sediments i d'arrencament de feixos, provocant per una banda, l'augment de la terbolesa per la resuspensió de sediments, i per l'altra la pèrdua directa d'abundància.

Un altre fet que amenaça la supervivència de *P. oceanica* és la invasió d'espècies que no són pròpies en la seva àrea de distribució. L'exemple més conegut és el de les espècies del gènere *Caulerpa*, com ara *Caulerpa taxifolia*, a la Costa Blava francesa i Ligúria, i *Caulerpa racemosa* a la costa d'Itàlia

(Romero, 2004). Segons el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural del la Generalitat de Catalunya, a la costa catalana no s'havien trobat aquestes espècies fins fa relativament poc; el juny de 2009 es van trobar exemplars de *C. racemosa* a uns dos quilòmetres al nord del port de Vilanova i la Geltrú, a uns 20 metres de fondària. Aquesta alga creix en els rizomes de *P. oceanica* i en els sediments, especialment quan són molt rics en matèria orgànica, i per tant actua com a agent degradant de la qualitat del sediment. Conjuntament amb d'altres efectes, la invasió d'aquestes algues podria accelerar el declivi de les praderies.

Pel que fa als organismes patògens, hi ha poca informació sobre atacs importants en fanerògames marines a la nostra costa. Aquests fongs i bacteris ataquen la planta directament, deteriorant-la i fent-li perdre la vitalitat, fins al punt de provocar-li la mort en condicions molt extremes. Hi ha evidències de que es tracta d'un factor que potencialment pot ser greu (com ara el cas d'un fong que va fer desaparèixer una gran part de *Zostera marina* de les costes europees) però, si més no, a Catalunya no s'han detectat grans problemes al respecte (Marbà, 2009 i Romero, 2004).

Cal mencionar que en l'actual context de canvi climàtic, l'IPCC preveu un augment del mar d'entre 0,09 i 0,88 m i un augment de la temperatura d'uns 4ºC d'aquí a l'any 2100. La pujada del nivell del mar provocaria una erosió costanera més acusada, i per tant, una disminució d'extensió pel que fa al límit superior dels prats a causa d'una major sedimentació. D'altra banda, *P. oceanica* és molt sensible als canvis de temperatura, cosa que podria provocar una triplicació de la seva taxa de mortalitat. Si bé és cert que també s'estimularia força la reproducció sexual, aquestes pèrdues no es veurien compensades (Marbà, 2009). També és possible que augmentin la freqüència i la intensitat de tempestes. Probablement, el canvi climàtic ha jugat un paper molt marginal en les pèrdues detectades fins ara, si bé aquest pot esdevenir important en les properes dècades

En resum, el problema no és només la pèrdua de l'abundància en els prats, sinó que aquests són indicadors de la qualitat del medi marí. El seu mal estat ecològic ens estaria dient implícitament que les aigües també ho estan. I un mal estat de les aigües repercuteix sobre la resta d'ecosistemes i organismes marins, afectant alhora als béns i serveis dels que ens proveeixen, i de retruc, influint en la vida, la salut i també l'economia de les persones.

Com ja s'ha esmentat en l'apartat de la metodologia, una manera d'analitzar l'estat dels prats de la costa catalana és calculant l'EQR associat a la massa d'aigua que els envolta. Segons aquest EQR, a Catalunya, l'any 2008, el 13% dels prats presentaven un estat deficient, el 33% eren de qualitat mediocre, el 43% tenien una bona qualitat, i el 10%, la tenien molt bona (veure taula 4).

Les afeccions que reben els prats, que van en detriment de la seva qualitat, queden paleses en l'EQR i concretament en l'abundància, un dels indicadors d'aquest índex de qualitat. I alhora, com ja s'ha comentat, l'abundància pot veure's afectada en alguna de les seves quatre vessants: l'extensió, la cobertura, la densitat i/o la superfície foliar.

Pel que fa a l'extensió, no tenim dades concretes d'aquest factor en l'àmbit de la costa catalana, però per les necessitats d'aquest treball utilitzem una de les poques estimacions publicades, que és la de Romero *et al.* (2007), que consideren que la superfície actual de praderies deu ser al voltant del 75% de la que hi havia en una època "pre-industrial".

En canvi, per a les altres tres components, la pèrdua s'ha calculat en base als valors dels descriptors a l'època "pre-industrial", respecte dels valors actuals (any 2008)

	Valors "pre-industrials"	**Valors actuals (2008)**	**Percentatge de pèrdua o guany**
Densitat (feixos/m^2)	231	180	-22%
Cobertura (%)	38	25	-34%
Àrea foliar (cm^2/feix)	194	196	1%

Taula 8: Càlcul de la pèrdua o guany en densitat, cobertura i àrea foliar, entre l'època "pre-industrial" i l'actualitat

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Informe "Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de *Posidonia oceanica* a Catalunya, com a iniciadors de qualitat de les aigües litorals". Any 2009.

Com indica la taula 8, s'ha produït una pèrdua aproximada d'un 22% en la densitat i d'un 34% en la cobertura. No obstant, l'àrea foliar, ha patit un increment de l'1% de manera global a la costa catalana.

En el cas de la superfície foliar, trobem que no hi ha diferències rellevants entre els prats en bon estat i la resta. La diferència a escala temporal és tan petita, que aquesta component de l'abundància no contribueix significativament als càlculs sobre la pèrdua de béns i serveis (veure més endavant).

En total, els prats de posidònia de la costa catalana han patit una pèrdua en la seva abundància d'un 61%, des de l'època "pre-industrial" fins l'actualitat, si tenim en compte la igual contribució dels quatre factors que integren aquest indicador. Aquests valors de pèrdua o guany són el resultat dels efectes mostrats al mapa conceptual (figura 8), que alhora tenen el seu origen en els impactes considerats més amunt (taula 7).

4.3. Pèrdua de béns i serveis associada als prats de posidònia de la costa catalana

Primerament, cal dir que la pèrdua de béns i serveis associada als ecosistemes de fanerògames marines a la costa catalana tindrà més repercussió en aquells béns i serveis considerats d'importància alta i mitjana (veure taula 5), és a dir, sobre:

- La producció de sediments carbonatats
- La regulació dels gasos i del clima
- La regulació del cicle de nutrients (desnitrificació)
- L'autodepuració
- La protecció del medi (control de l'erosió i de la sedimentació del fons marí)
- La identitat cultural
- Els beneficis cognitius
- El manteniment de la biodiversitat
- La provisió d'hàbitat
- La resistència i resiliència del sistema

L'existència de prats de posidònia ens garanteix una sèrie de béns i serveis, el flux dels quals serà major en prats extensos i/o amb una bona integritat ecològica. Per tant, com més abundància ha hi en els prats, més gran és el flux de béns i serveis que proporcionen.

Aleshores es pot plantejar que la pèrdua d'abundància en les praderies està directament relacionada amb la pèrdua de béns i serveis, ja sigui amb l'extensió, la cobertura, la densitat, la superfície foliar, o de més d'una d'aquestes alhora (taula 9).

Components de l'abundància	Producció de sediments carbonatats	Regulació dels gasos i del clima	Regulació del cicle de nutrients (desnitrificació)	Autodepuració (depuració de nutrients)	Protecció del medi (control de l'erosió i sedimentació del fons marí)	Identitat cultural	Beneficis cognitius	Manteniment de la biodiversitat	Provisió d'hàbitat	Resistència i resiliència del sistema
Extensió, cobertura, densitat i superfície foliar	X				X	X		X	X	X
Extensió, cobertura i densitat		X		X						
Extensió i cobertura			X							

Taula 9: Béns i serveis més importants a la costa catalana i factors de l'abundància dels quals pertanyen

Font: elaboració pròpia seguint criteris experts

La producció de sediments carbonatats, com ja s'ha dit, es dóna en gran part per la sedimentació dels organismes epífits. Els epífits viuen a les fulles, i per tant, la quantitat serà directament proporcional a la superfície foliar (que ens dóna una idea de la grandària de les fulles), a l'extensió, la cobertura i la densitat dels prats. Com més grans siguin aquestes components, voldrà dir que més superfície total de fulles hi haurà al prat, i que per tant, més epífits podrà albergar.

La regulació dels gasos i el clima es concreta, per a un prat de posidònia, en la capacitat d'emmagatzemar carboni orgànic al sediment. Aquesta capacitat ve condicionada sobretot pel creixement de les parts que s'enterren, principalment els rizomes i les arrels, també els pecíols de les fulles però no els seus llimbs. Per això aquest aspecte no el fem proporcional a la superfície de fulles, encara que sí a la presència de planta –per tant, de l'extensió i la cobertura-, i de la densitat de la mata, que dependrà de la densitat de feixos.

La regulació del cicle de nutrients, concretament per desnitrificació, només depèn de l'extensió i la cobertura, ja que la desnitrificació es duu a terme en el sediment, i per tant, només és condicionada per la presència de la planta. És dir, la densitat de la mata i la superfície foliar, al ser un factor que afecta majoritàriament a la part no enterrada, no afecta a la desnitrificació.

La depuració de les aigües duta a terme per *Posidonia oceanica*, concretament pel que fa als nutrients, és un servei que depèn de nou de la seva capacitat

d'emmagatzemament al sediment. Val per tant el mateix raonament que hem fet per l'acumulació de carboni (dependència de l'extensió, cobertura i densitat).

El control de l'erosió i la sedimentació del fons del mar, al ser un servei que ve per la capacitat que te la planta d'atenuar la força del mar, dependrà de la presència i extensió, però també de la densitat de la volta foliar, que depèn de la mida de les fulles i de la densitat de feixos.

La identitat cultural, com ja s'ha dit, és un servei més aviat subjectiu, tant a l'hora de descriure'l, com de determinar la seva dependència quantitativa dels factors d'abundància que estem utilitzant. Però sí que és cert que la qualitat d'una praderia i la seva integritat ecològica poden afavorir el concepte que les societats tinguin d'aquests ecosistemes, i per tant, incrementar el seu valor cultural. Per tant, com a aproximació, assumim que la identitat cultural associada als prats de posidònia és proporcional a la seva integritat ecològica i per tant, a les quatre components de l'abundància.

El cas dels beneficis cognitius és més complex, ja que com s'ha explicat (veure apartat 4.1.4.) no és un servei que depengui directament (o únicament) de l'abundància, i quasi es podria dir que la seva dependència respecte a la integritat ecològica és inversa..

Per als béns i serveis de suport –manteniment de la biodiversitat, provisió d'hàbitat i resistència i resiliència del sistema-, són importants tots quatre factors de l'abundància, ja que és evident que l'extensió, la cobertura, la densitat i la mida de les fulles seran proporcionals a la quantitat d'organismes que hi puguin viure, alimentar-se, reproduir-se o beneficiar-se'n.

Dit tot això, cal mencionar que la superfície foliar és una component de l'abundància que repercuteix insignificantment a la pèrdua de béns i serveis, ja que és un factor que només ha variat aproximadament un 1% des de l'època "pre-industrial", cosa que es reflecteix en una poca variabilitat en els resultats. És per això que tots els béns i serveis que depenen de les quatre components, així com també els que depenen de les tres primeres, han patit una pèrdua entorn al 60% des de l'època "pre-industrial" fins a l'actualitat. No obstant, per a la regulació del cicle de nutrients –desnitrificació-, que és el servei que només depèn de l'extensió i la cobertura, els resultats ens indiquen que la pèrdua és d'aproximadament el 50%.

Cal remarcar de nou que es tracta d'una aproximació de la realitat. De fet, els càlculs es basen en la hipòtesi de que hi ha una relació directa entre abundància de *Posidonia oceanica* i béns i serveis que els prats ens subministren. I aquesta relació no necessàriament ha de ser certa. Per exemple, en el cas de la desnitrificació: aquest no és un procés constant, sinó que s'accentua en prats amb més matèria orgànica (aigües eutrofitzades).

En el cas de les fulles també trobem que per exemple, en zones que reben pocs impactes i gaudeixen d'una bona qualitat ambiental, les fulles són més curtes perquè hi ha més herbívors, cosa que no passa en zones més impactades. Ens trobem doncs, que en aquest cas, la superfície foliar no seria proporcional a la quantitat de béns i serveis ecosistèmics, ja que el prat de bona qualitat i de fulles més curtes probablement oferiria una major quantitat de béns i serveis ecosistèmics que el que rep més impactes.

Per altra banda, tampoc s'han estudiat a fons els processos ecosistèmics en els que es basa cada bé i servei, ni tampoc la manera com aquests responen a la degradació.

Certament, per a arribar a conclusions més sòlides, s'hauria d'haver tingut en compte tot això i incloure en els resultats la variabilitat i complexitat de les relacions ecosistèmiques. No obstant, i com ja s'ha dit, en aquest projecte s'intenta comprendre la complexitat del sistema, simplificar-la, i donar valors aproximats de pèrdua de béns i serveis, tot fixant una base per a possibles investigacions futures, que puguin introduir en els resultats més variables que aquí no s'han tingut en compte.

El present projecte representa un avantatge com a base per a possibles estudis futurs -inclosa una ampliació de la valoració econòmica que exposen Costanza *et al.* (1997)-. Precisament pel fet de no tenir només en compte la superfície de pèrdua, sinó també la cobertura, la densitat i la superfície foliar.

Una altra contribució d'aquest projecte és que podem veure com la pèrdua de béns i serveis és molt superior a la pèrdua en superfície de prats. Mentre que la primera és aproximadament del 60%, l'extensió, des de l'època "pre-industrial" fins l'actualitat, s'ha vist reduïda en 'només' 25%.

Si s'aconseguissin trobar bons indicadors per a cada bé i servei i relacionar-los amb un gradient de degradació, podríem quantificar relativament o també de manera absoluta aquesta pèrdua. Això seria molt útil per a predir possibles tendències i en el cas que calgui, poder gestionar el medi per tal de frenar les tendències més negatives. Caldria també comparar aquests béns i serveis amb els que poden aportar altres ecosistemes, per veure, en els fluxos globals, quant representa aquesta pèrdua.

Independentment de la valoració quantitativa que es pugui fer, és evident que els prats de fanerògames marines són ecosistemes importants a causa de la multiplicitat de béns i serveis que ens aporten. I aquesta concentració de funcions és un fet que per si sol hauria de comportar una afany especial de conservació i de divulgació en la societat.

Per últim, cal dir que el més important per a aconseguir qualsevol objectiu en l'àmbit del medi ambient és la consciència social. La societat ha de conèixer els riscos als quals està exposada i donar importància a totes aquelles problemàtiques que l'afecten o poden afectar-la directament o a les generacions futures. Per tant, cal un esforç de divulgació i de sensibilització molt important. La lluita contra la problemàtica ambiental, i concretament per la pèrdua de béns i serveis, passa pel convenciment social de que aquest canvi és del tot necessari si volem garantir el benestar actual i futur. I aquest canvi de mentalitat és el que propiciarà una evolució en els costums, polítiques i comportaments socials. És en aquest camp de la difusió on la comunitat científica i els mitjans de comunicació tenen un paper clau. Fins ara, aquests últims han considerat la divulgació científica com a mera curiositat, i l'han fet servir, en molts casos, per a finalitats més aviat de màrqueting o del que anomenaríem vulgarment "bona imatge". Cal doncs, i urgentment, una voluntat de canvi per part de polítics, administracions, comunicadors de tots els mitjans, opinió pública, i la societat en general. Només amb la col·laboració de la ciència, la tecnologia, el marc jurídic i la societat en general serà possible per preservar aquests ecosistemes.

És per això que aquest projecte no pretén contribuir únicament al coneixement científic, sinó també servir com a base per a la possible difusió d'aquesta problemàtica mediambiental. Cal, doncs, que la societat conegui quines repercussions té en el seu benestar la pèrdua de béns i serveis ambientals.

5. Conclusions

- Els béns i serveis proveïts pels ecosistemes de fanerògames marines són: la provisió d'aliment per al consum humà, la producció de matèries primeres, la producció de sediments carbonatats, la regulació dels gasos i del clima, la regulació del cicle de nutrients, l'autodepuració de les aigües, la protecció del medi, la identitat cultural, els beneficis cognitius, oportunitat d'oci i temps recreatiu, el manteniment de la biodiversitat, la provisió d'hàbitat, la resiliència i resistència del sistema i altres béns referits al possible coneixement i beneficis futurs.

- Els béns i serveis amb un pes més important a la costa catalana són la regulació dels gasos i del clima (mitjançant els embornals de carboni), la desnitrificació del medi, la depuració dels tòxics de les aigües (en quant als nutrients), i els béns i serveis de suport. La pèrdua d'aquests béns i serveis serà la que tindrà més impacte a la costa catalana.

- La producció de carbonats total que es duu a terme en els prats de posidònia de la costa catalana supera les 3.000 tones anuals.

- El carboni total immobilitzat en forma d'embornal gràcies als prats de posidònia de la costa catalana supera les 750 tones/any.

- El servei anomenat "beneficis cognitius" és l'únic que no és directament proporcional a l'abundància de prats. De fet, podria arribar-se a veure afavorit amb una pèrdua d'aquesta. De totes maneres, està influenciat per molts altres factors que fan difícil la predicció de la seva evolució.

- Els prats de posidònia de la costa catalana han perdut aproximadament un 25% en extensió, un 34% en cobertura i un 22% en densitat des de l'època "pre-industrial" fins l'actualitat.

- Els prats de posidònia de la costa catalana han guanyat aproximadament un 1% en superfície foliar des de l'època "pre-insutrial" fins l'actualitat.

- Els prats de posidònia de la costa catalana han patit una pèrdua en la seva abundància i, conseqüentment, en els béns i serveis que en depenen, d'aproximadament el 60%, des de l'època "pre-industrial" fins l'actualitat.

- La superfície foliar és una variable que contribueix insignificantment als resultats, ja que la seva variabilitat temporal ha estat baixa.

- La principal causa que ha ocasionat aquests declivis en els ecosistemes de fanerògames marines de la costa catalana ha estat l'eutrofització de les aigües.
- Els prats de fanerògames marines són ecosistemes importants ja que encara que són relativament poc extensos, concentren una gran multiplicitat de béns i serveis.

6. Pressupost

	Hores	Preu/hora	Total en euros
Recursos humans			
Transport			18
Dietes			15
Salari	300-350	12,50 €	3750
Recursos materials			
Material fungible (paper, impressions, consum energètic)			85
Import			**3868**
18% IVA			696,24
TOTAL			**4564,24**

7. Cronograma

TASCA	2010								2011																	
	Setembre		Octubre		Novembre		Desembre		Gener		Febrer		Març		Abril		Maig		Juny		Juliol		Agost		Setembre	
Búsqueda de projecte																										
Gestions vàries i definició del marc del projecte																										
Recerca bibliogràfica referent a béns i serveis ecosistèmics																										
Recerca bibliogràfica referent a degradació de prats de fanerògames marines																										
Elaboració mapa conceptual dels efectes de la degradació d'un prat de fanerògames marines																										
Cerca d'indicadors de mesura de béns i serveis																										
Quantificació de la pèrdua de béns i serveis porveïs per un ecosistema de fanerògames marines a la costa catalana																										
Elaboració dels resultats																										
Elaboració de la discussió																										
Elaboració de les conclusions																										
Aspectes formals i arranjaments																										
Elaboració article científic																										

8. Acrònims i paraules claus

Acrònims

ACA: Agència Catalana de l'Aigua

BBVA: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria

BQE: biological quality element

CRAM: Fundación para la Conservación y Recuperación de Animales Marinos.

DDE: Diclor Difenil Dicloretilè

DDT: Diclor Difenil Tricloretà

DMA: Directiva Marc de l'Aigua

DMS: dimetil sulfat

EQR: Ecologycal Quality Ratios

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

IUCN: International Union for Conservation of Nature

PNAS: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

UAB: Universitat Autònoma de Barcelona

UB: Universitat de Barcelona

UV-B: radiació ultraviolada d'ona mitjana

Paraules clau

Aqüicultura: les tasques, tant en aigües interiors com exteriors i continentals, relacionades amb la reproducció o l'engreix, en cada una de les fases de creixement, d'exemplars d'una espècie aquàtica o de diverses, portades a terme en instal·lacions establertes amb aquestes finalitats.

Abundància: concepte ecològic que indica la quantitat d'espècies presents en un ecosistema. Concretament en aquest estudi, aquest terme es concreta amb els indicadors d'extensió, cobertura, densitat i superfície foliar.

Alguer: poblament vegetal submarí de fanerògames adaptades secundàriament al medi marítim, que ocupa els fons fangosos, sorrencs o codolosos, on no troba la competència de les veritables algues.

Batimetria: mesurament i estudi de les profunditats de la mar.

Benefici ecosistèmic: tot allò que contribueix a la supervivència, la subsistència o el benestar dels éssers humans.

Béns i serveis ecosistèmics: beneficis que, de manera directa o indirecta, la societat obté dels ecosistemes.

Béns i serveis de producció: beneficis provinents dels ecosistemes que s'obtenen directament del medi.

Béns i serveis culturals: beneficis no materials que obtenim dels ecosistemes.

Béns i serveis de suport: tots aquells béns i serveis que no ens repercuteixen de manera directa, sinó que ho fan sobre d'altres organismes de l'ecosistema. Engloben el manteniment de la biodiversitat, la provisió d'hàbitat i la resistència i resiliència del sistema.

Bentos: conjunt dels organismes que habiten sobre fons marins o d'aigües dolces, fixos, colgats en el substrat o desplaçant-s'hi per la superfície.

Biodiversitat: segons el Conveni Internacional sobre la Diversitat Biològica (Río, 1992), és la variabilitat d'organismes vius de qualsevol font, inclosos, d'entre altres coses, els ecosistemes terrestres i marins i altres ecosistemes aquàtics i els complexos ecològics dels quals en formen part. Aquest concepte comprèn la diversitat dintre de cada espècie, entre les espècies i dels ecosistemes.

Canvi climàtic: alteració en l'estat del clima pel que fa a la mitjana i variabilitat de les seves propietats i que persisteix durant un període prolongat de temps, típicament de dècades o més. El canvi climàtic pot ser degut a causes naturals, per processos interns o forces externes, i/o a causes antropogèniques, per canvis en la composició de l'atmosfera o en els usos del sòl.

Cargol de punxes (*Bolindus brandaris)*: espècie de gasteròpode que viu sobre fons sorrencs i fangosos de l'estrat circalitoral, prop dels alguers de posidònia, entre un i 200 metres de fondària. És el cargol més abundant de les nostres costes. Es captura amb dragues, gàbies, arrossegament, tremall i nanses.

***Caulerpa sp*:** gènere d'algues de la família Caulerpaceae. La presencia d'alguna d'elles, com *Caulerpa taxifolia,* està esdevenint un greu problema a la Mediterrània, ja que al tractar-se d'una espècie invasora, desplaça a les fanerògames marines autòctones.

Cobertura: proporció de substrat, dins d'una praderia, ocupat per *Posidonia oceanica* viva.

Cymodocea nodosa: espècie de fanerògama marina que pertany a la família Cymodoceaceae, que es troba en fons sorrencs, a una profunditat de fins a 30 metres, que té les fulles en forma de cinta de 5 a 12 mm d'amplada. Està present al Mediterrani.

Densitat: nombre de feixos (unitats bàsiques de les fanerògames marines que consisteixen en un conjunt de fulles a l'extrem d'un eix de creixement vertical) per uniat de superfície.

Estat ecològic d'una massa d'aigua: qualitat en la que es troba una determinada massa d'aigua. Segons la DMA, aquest es determina segons paràmetres biològics, hidromorfològics i fisico-químics.

Embornal: qualsevol fase, procés o mitjà responsable de la desaparició d'un contaminant de l'ambient.

Eutrofització: augment de la taxa de subministrament de matèria orgànica en un ecosistema.

Extensió: superfície total que ocupa un prat de fanerògames marines (mesurada en unitats d'àrea), considerada com una unitat de paisatge.

Fanerògames marines: grup de plantes superiors pertanyents al phylum Magnoliophyta, és a dir, a la divisió de les angiospermes, que presenten un cos

amb òrgans diferenciats (arrel, tija i fulles), que fan flors i llavors, i que són pròpies del medi bentònic.

Fossa marina: depressió submarina, llarga, estreta i molt profunda, limitada per marges abruptes. Les fosses marines són normalment a la vora dels grans relleus continentals o de grans arcs d'illes, sovint volcàniques. De fet representen les cavitats més profundes del fons marí.

***Halophila stipulacea*:** fanerògama marina de la família Hydrocharitaceae originària de les regions costaneres tropicals i subtropicals del món, recentment introduïda a la Mediterrània pel Canal de Suez.

Herbassar: nom popular que es dóna a les formacions de fanerògames marines, també anomenades herbeis,alguers o prats.

Integritat ecològica: capacitat de mantenir un sistema biofísic equilibrat, amb una composició d'espècies i organització funcional comparable als sistemes naturals d'una determinada regió ecològica.

Meristema: part del teixit vegetal responsable del creixement.

Oligotròfia: estat d'un medi en el qual hi ha una pobresa dels elements essencials per a la vida.

Organismes epífits: petits organismes que viuen sobre les fulles de fanerògames marines sobre les quals se sustenten però sense extreure'n nodriment. Estem parlant d'algues, briozous crustacis, poliquets, mol·luscs, etc.

Palangre: art de pesca artesanal que consisteix en l'ús d'una llença que es manté fondejada i que porta penjades altres llences més primes i curtes armades amb un ham cadascuna.

Pesca d'encerclament o de teranyina: art de pesca que es realitza de nit i que es fa amb una barca petita amb un focus a l'aigua i una barca més gran, que amb l'ajut d'una xarxa, encercla la més petita i captura els peixos, que es veuen atrets per la llum.

Pesca de ròssec o d'arrossegament: art de pesca consistent en l'ús d'una xarxa que és arrossegada pel fons del mar, capturant tot el que troba al seu pas.

Posidonia oceanica: fanerògama marina endèmica de la Mediterrània, que pertany a la família Posidoniaceae. Té les fulles acintades, de 5 a 12 mm d'amplada i pot arribar a viure fins a més de 30 metres de profunditat.

Plana abissal: zona marina compresa entre els 800 i 10.000 metres de profunditat aproximadament. Es caracteritza per una temperatura baixa i

constant, pressió elevada, quietud de les aigües, fosca completa, manca de vegetació fotosintetitzadora, etc.

Plataforma continental: zona marginal dels continents coberta per les aigües marines i que s'estén des de la línia de la costa cap a l'interior del mar fins a una profunditat aproximada de 200 metres. És una zona bastant planera inclinada suaument. Es troba limitada cap al mar pel talús continental.

Recurs: bé material o servei que proporciona la natura sense que sigui alterat per l'ésser humà, i que té valor per a les societats humanes ja que contribueix en el seu benestar i desenvolupament de manera directa (matèries primeres, minerals, aliments) o indirecta (serveis ecològics indispensables per a la continuïtat de la vida al planteta).

Resiliència: capacitat que té un ecosistema per retornar a la mateixa composició específica i a l'estat normal un cop hi ha tingut lloc una pertorbació. La resiliència té molt a veure amb la capacitat de regeneració de les poblacions.

Resistència: capacitat que té un ecosistema per a suportar l'acció de les pertorbacions sense que siguin alterades les seves característiques.

Rizoma: tija subterrània d'algunes plantes, generalment horitzontal, on s'emmagatzemen les substàncies de reserva. En el cas de *Posidonia oceanica*, els rizomes poden ser horitzontals o bé verticals.

Sensibilització ambiental: acció d'ensenyar a valorar la natura i inculcar coneixements en matèria ambiental.

Serveis de regulació: beneficis que obtenim els humans que provenen del la capacitat de regulació per part dels ecosistemes de processos rellevants per la qualitat del medi que habitem. Concretament aquests serveis es refereixen a la capacitat dels sistemes naturals de regular processos de suport a la vida a través de cicles biogeoquímics i altres processos de la biosfera.

Superfície foliar: superfície mitjana de fulles que té un feix (expressada en cm^2/feix).

Thalassia sp: gènere de fanerògames marines de la família Hydrocharitaceae originari de les regions tropicals i subtropicals.

***Zostera marina*:** fanerògama marina que té les fulles en forma de cinta, i d'una mida de 10 a 12 mm d'amplada. Viu a profunditats de fins a 10 metres.

***Zostera noltii*:** fanerògama marina de mida molt petita, amb fulles d'1 a 2 mm d'amplada. Viu en llocs arrecerats, a menys de 10 metres de profunditat. Es caracteritza per l'absència de rizomes verticals.

9. Bibliografia

ABELLÀ, C.; ALONSO, M.; ARMENGOL, J.; BALLESTEROS, E.; BELLÉS, X.; CAMARASA, J. M.; CATALAN, J.; COMELLES, M.; COMÍN, F. A.; ESCARRÉ, A.; FERRÉS, L.; FLOS, J.; FOLCH I GUILLÈN, R.; FORÉS, E.; GRACIA, C.; GUERRERO, R.; HERRERA, C. M.; LÓPEZ-SORIA, L.; MARGALEF, R.; MAS, J.; MIRACLE, M. R.; MISERACH, T.; MONTESSINOS, E.; MONTSERRAT, P.; MONTULL, R.; MORGUÍ J. A.; MOYÁ, G.; OLIVA I FÀBREGAS, M.; PADRÓS-ALIÓ, C.; PRAT, N.; RAMON, G.; RODÀ, F.; ROS, J. D.; TERRADES, J.; VIDAL, A.; VIDAL I FUGARDO, J.; VILLAUBÍ, F. (Juliol 1989). *Història Natural dels Països Catalans. Vol. 14: Sistemes naturals*. Barcelona. Fundació Enciclopèdia Catalana. Pgs. 16, 151, 252.

ALCOVERRO, T.; DUARTE, C.M.; ROMERO, J. (1995). "Annual growth dynamics of *Posidonia oceanica*: contribution of large-scale versus local factors to seasonality" *Marine Ecology Progress Series*. 120: 203-210.

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.

ANADÓN, P.; CABRERA, L.; CANALS, M.; CARMONA, P.; CERVELLÓ, J. M.; COMELLES, M.; ESTÉVEZ, A.; FOLCH I GUILLÈN, R.; FONTBOTÉ, J. M.; FORNÓS, J. J.; FREIXES, A.; FRÖLUND, M.; GIL, O.; GIMERÀ, J.; MARTÍ, J.; MATÓ, E.; MISERACH, T.; MONTULL I DOMINGO, R.; PÉREZ- CUEVA, A. J.; PUEYO, J. J.; PUIGDEFÀBREGAS, C.; POMAR, L.; RAMOS, E.; RIBA, O.; ROCA, E.; RODRÍGUEZ-PEREA, A.; SÀBAT, F.; SÁEZ, A.; SANTANACH, P.; SAULA, E.; SERRA, J.; SERRAT, D.; SORIA, J.; TABERNER, C.; TORRAS RODERGAS, J.; UBACH, M.; VERGÉS, J.; VILAPLANA, J. M.; VILLAUBÍ, F. (Juliol 1992). *Història Natural dels Països Catalans. Vol. 2: Geologia II*. Barcelona. Fundació Enciclopèdia Catalana. Pgs. 417-436.

BALLESTEROS, E.; BORROUGHS, R. H.; CAMARASA, J. M.; CARVAJAL, R.; DUBINSKY, Z.; FERRER, X.; FLOS, J.; FOLCH, R.; GILI, J. M.; GIRÓ, F.; GORDON, D.; GRILLAS, P.; GUERRERO, R.; HARRISON, J.; HOYT, E.; JUANES, J. A.; LLUCH BELDA, D.; MARGALEF, R.; MARGULIS, L.; MESLÉARD, F.; MORENO, P.; NIELL, F. X.; OLIVIER, S. R.; RAMOS, A. A.; RIBERA, M. A.; ROMERO, J.; ROS, J.; SAEIJS, H. L. F.; SAGAN, D.; SHARPE, C.; DE SOSTOA, A.; URIZ, M. J. (Març 1994). *Col·lecció Biosfera. Vol. 10: Litorals i oceans.* Barcelona. Enciclopèdia Catalana. Pgs. 20-31; 135-155.

BARBIER, E.B.; KOCH, E.M.; SILLIMAN, B.R.; HACKER, S.D.; WOLANSKI, E.; PRIMAVERA, J.; GRANEK, E.F.; POLASKY, S.; ASWANI, S.; CRAMER, L.A.;

STOMS, D.M.; KENNEDY, C.J.; BAEL, D.; KAPPEL, C.V.; PERILLO, G.M.E.; REED, D.J. (2008). "Coastal Ecosystem-Based Management with Nonlinear Ecological Functions and Values". *Science*. 319.

BEAUMONT, N.J.; AUSTEN, M.C.; ATKINS, J.P.; BURDON, D.; DEGRAER, S.; DENITINHO, T.P.; DEROUS, S.; HOLM, P.; HORTON, T.; van IERLAND, E.; MARBO, A.H.; STARKEY, D.J.; TOWNSEND, M.; ZARZYCKI, T. (2007). "Identification, definition and quantification of goods and services provided by marine biodiversity: Implications for the ecosystem approach". *Marine Pollution Bulletin.* 54: 253-265.

BORUM, J.; GREVE, T.M. (2004). *European seagrasses: an introduction to monitoring and manegement. Chapter 1: The Four European seagrass species.* The EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses. 1-7.

BRENNER, J.; JIMÉNEZ, J.A.; SARDÁ, R.; GAROLA, A. (2010). "An assessment of the non-market value of the ecosystem services provided by the Catalan coastal zone, Spain". *Ocean & Coastal Management*. 53: 27-38.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. (1997). "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature.* 387: 253-260.

DE GROOT, R.S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, M.J. (2002). "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services". *Ecological Economics.* 41: 393-408.

DENNISON, C. D. (2009). Global trajectories of seagrasses, the biological sentinels of coastal ecosystems. *In*: DUARTE, C.M. (ed.) *Global Loss of Coastal Habitats. Rates, Causes, and Consequences.* Fundación BBVA.

DUARTE, C.M. (2000). "Marine biodiversity and ecosystem services: an elusive link". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 250: 117-131.

DUARTE, C.M.; MARBÀ, N.; SANTOS, R. (2004). *European seagrasses: an introduction to monitoring and manegement. Chapter 5: What may cause loss of seagrasses?* The EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses. 24-32.

GACIA, E.; DUARTE, C.M.; GRANATA, T. (1999). "An approach to the measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica)* meadows". *Aquatic Botany*. 65: 255-268.

HAYNES, D.; MÜLLER, J.; CARTER, S. (2000). "Pesticide and Herbicide Residues in Sediments and Seagrasses from the Great Barrier Reef World Heritage Area and Queensland Coast". *Marine Pollution Bulletin*. 41: 279-287.

KINSEY, D.W.; SMITH, S.V. (1976). "Calcium carbonate production, coral reef growth, and sea level change". *Science.* 194 (4268): 937-939.

MANZANERA, M.; ALCOVERRO, T.; TOMAS, F.; ROMERO, J. (2011). "Response to burial dynamics of the long-lived seagrass *Posidonia oceanica"*. *Marine Ecology Progress Series.* 423: 47-56.

MARBÀ, N. (2009). Loss of seagrass meadows from the Spanish coast: results of the *Praderas* project. *In*: DUARTE, C.M. (ed.) *Global Loss of Coastal Habitats. Rates, Causes, and Consequences.* Fundación BBVA.

MATEO, M.A.; 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, M.A.; ROMERO, J.; PÉREZ, M.; LITTLER, M.M.;LITTLER, D.S. (1997). "Dynamics of Millenary Organic Deposits Resulting from the Growth of the Mediterranean Seagrass *Posidonia oceanica"*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 44: 103-110.

NIXON, S.W.; FULWEILER, R.W. (2009). Nutrient pollution, eutrophication, and the degradation of coastal marine ecosystems. *In*: DUARTE, C.M. (ed.) *Global Loss of Coastal Habitats. Rates, Causes, and Consequences.* Fundación BBVA.

ORTH, R.J.; CARRUTHERS, T.J.B.; DENNISON, W.C.; DUARTE, C.M.; FOURQUREAN, J.W.; HECK JR, K.L; RANDALL HUGHES, A.; KENDRICK, G.A.; JUDSON KENWORTHY, W.; OLYARNIK, S.; SHORT, F.T.; WAYCOTT, M.; WILLIAMS, S.L. (2006). "A Global Crisis for Seagrasses Ecosystems". *BioScience.* 56: 987-996.

ROMERO, J. (1988). "Epífitos de las hojas de *Posidonia oceanica*: variaciones estacionales y batimétricas de biomasa en la pradera de las islas Medes (Girona)". *Oecologia Aquatica*, 9: 19-25.

ROMERO, J. (2004). *Posidònia: els prats del fons del mar. La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani*. Badalona. Ajuntament de Badalona.

ROMERO, J.; ALCOVERRO, T.; PÉREZ, M.; ROCA, G.; FARINA, S. (2009). *Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de Posidonia oceanica a Catalunya, com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals* (*Informe final*

2008). Generalitat de Catalunya. Col·laboració entre l'ACA, la UB i la Fundació Bosch i Gimpera. Departament de Medi Ambient i Habitatge.

ROMERO, J.; ALCOVERRO, T.; PÉREZ, M.; ROCA, G.; FARINA, S. (2010). *Control d'una xarxa de vigilància dels herbeis de Posidonia oceanica a Catalunya, com a indicadors de la qualitat de les aigües litorals* (*Informe final 2009)*. Generalitat de Catalunya. Col·laboració entre l'ACA, la UB i la Fundació Bosch i Gimpera. Departament de Medi Ambient i Habitatge.

ROMERO, J.; PÉREZ, M.; ALCOVERRO, T. (2007). "The seagrass (*Posidonia oceanica)* meadows in the Catalan coast: past trends and present status". *Proceedings of the 3rd Mediterranean Symposium on Marine Vegetation*. pp. 158-163

RUIZ FERNÁNDEZ, J.M.; RAMOS SEGURA, A.; MARÍN GUIRAO, L.; GARCÍA MUÑOZ, R.; SANDOVAL GIL, J.M. (2007). "Informe anual de resultados del cuarto año de seguimiento (2007) de la red de *Posidonia oceanica* de la Región de Murcia. Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Murcia, 107 pp.

SUMICH, J.L. (1980). *An introduction to the biology of Marine Life*. Iowa (U.S.A). Wm. C. Brown Company Pub. Pg. 359.

TERRADOS, J.; BORUM, J. (2004). *European seagrasses: an introduction to monitoring and manegement. Chapter 2: Why are seagrasses important? Goods and services provided by seagrass meadows.* The EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses. 8-10.

TERRADOS, J.; DUARTE, C.M. (1999). "Experimental evidence of reduced particle resuspension within a seagrass (*Posidonia oceanica* L.) meadow". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.*243: 45-53.

VV.AA. (2a. Edició. 2008). "Nitrogen in the marine environment". Elsevier Inc.

WAYCOTT, M.; DUARTE, C.M.; CARRUTHERS, T.J.B.; ORTH, R.J.; DENNISON, W.C.; OLYARNIK, S.; CALLADINE, A.; FOURQUREAN, J.W.; HECK JR, K.L.; RANDALL HUGHES, A.; KENDRICK, G.A.; KENWORTHY, W.J.; SHORT, F.T.; WILLIAMS, S.L. (2009). "Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems". *PNAS.* 106: 12377-12381.

WIETHÜCHTER, A. (2007). "Assessment of Ecosystem Goods and Services provided by the Coastal Zone System Limfjord". *Science Policy Interface for Coastal Systems Assessment.*

(Setembre 2001). *Les fanerògames marines de la costa catalana.* Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya.

Informe “Estado de las praderas de *Posidonia oceanica* en el litoral catalán (2006-2007)”. CRAM.

Material *on line*

Annex V de la Directiva Marc de l’Aigua. Adreça URL: < http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/directiva_marc/dma_2000_60_ce.pdf>. [Consulta: 29 desembre 2010]

Atles Nacional de Catalunya: dominis paisatgístics. Adreça URL: <www.atlesnacional.cat/icc/atles-nacional/dominis-paisatgistics/espais-naturals-de-proteccio-especial/ >. [Consulta: gener 2011]

CARRUTHERS, T.J.B.; SHORT, F.T.; WAYCOTT, M.; KENDRICK, G.A.; FOURGUREAN, J.W.; CALLABINE, A.; KENWORTHY, W.J.; DENNISON, W.C. (2007). *Zostera marina.* IUCN Red List of Threatened Species. Adreça URL: <www.iucnredlist.org>. [Consulta:14 i 15 desembre 2010]

CARRUTHERS, T.J.B.; SHORT, F.T.; WAYCOTT, M.; KENDRICK, G.A.; FOURGUREAN, J.W.; CALLABINE, A.; KENWORTHY, W.J.; DENNISON, W.C. (2007). *Zostera noltii.* IUCN Red List of Threatened Species. Adreça URL: <www.iucnredlist.org>. [Consulta:14 i 15 desembre 2010, 20 gener 2011]

CARRUTHERS, T.J.B.; SHORT, F.T.; WAYCOTT, M.; KENDRICK, G.A.; FOURGUREAN, J.W.; CALLABINE, A.; KENWORTHY, W.J.; DENNISON, W.C. (2007). *Cymodocea nodosa.* IUCN Red List of Threatened Species. Adreça URL: <www.iucnredlist.org>. [Consulta:14 i 15 desembre 2010]

“Conveni sobre la Diversitat Biològica”. Adreça URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf >. [Consulta: 27 desembre 2010]

Dades sobre producció pesquera a Catalunya. Departament d’Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya. Adreça URL: <www.gencat.cat> [Consulta: 20 novembre 2010, 18 març 2011, 13 de juliol de 2011]

Dades i informació sobre protecció dels recursos i del litoral (esculls artificials) a Catalunya. Departament d’Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya. Adreça URL: <www.gencat.cat> [Consulta: 18 març 2011]

Diccionari de les Ciències Ambientals. Institut d’Estudis Catalans. Adreça URL: <http://cit.iec.cat/dca/default.asp>. [Consulta: 28 juliol 2011]

Document sobre l’Àrea protegida de les Illes Medes i el Montgrí. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Adreça URL:

<http://www20.gencat.cat/docs/parcsnaturals/Home/Area%20Protegida%20de%20les%20Illes%20Medes%20i%20el%20massis%20del%20Montgri/Visitans/43_160959.pdf>. [Consulta: 2 gener 2011]

GARCÍA-ANDREU, C.; SAVAL PÉREZ, M.; FRÍAS ROJAS, M.; SERVANDO CHINCHÓN YEPES, J. "Caracterización de las cenizas de *Posidonia oceanica* para su utilización como material de construcción". Universidad de La Rioja. Adreça URL: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2572769>. [Consulta: 28 novembre 2010]

GARZA ALMANZA, V. "Ambiente, comunicación y sociedad". Dirección General de Investigación y Posgrado. UACJ. Adreça URL: <www2.uacj.mx/publicaciones/sf/vol2num6y7/periodismo.htm>. [Consulta: 8 març 2011]

KLAAS DIJKSTRA. "Wilde planten in Nederland and Belgie". 2001-2010. Adreça URL: <http://wilde-planten.nl/klein%zeegras.htm>. [Consulta. 17 març 2011]

Llei 4/1198, de 12 de març, de protecció del Cap de Creus. Adreça URL: <http://www20.gencat.cat/docs/DAR/Normatives/Documents/Arxius/98070146.pdf>. [Consulta: 2 gener 2011]

Mapa temàtic sobre Espais naturals de protecció especial. Adreça URL: <http://www.atlesnacional.cat/icc/atles-nacional/dominis-paisatgistics/espais-naturals-de-proteccio-especial/>. [Consulta: 3 gener 2011]

Mapa de distribució de Zostera noltii. Adreça URL: <http://www.ccmar.ualg.pt/biomares/pradarias_marinhas_en.html#2>. [Consulta: 9 gener 2011]

PERGENT, G.; SEMROUD, R.; DJELLOULI, A.; LANGAR, H.; DUARTE, C. (2009). *Posidonia oceanica.* IUCN Red List of Threatened Species. Adreça URL: <www.iucnredlist.org>. [Consulta:14 i 15 desembre 2010, 20 gener 2011, 17 març 2011]

Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya. Adreça URL: <https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/legislacio/projectes/PdG/CAPITOL_07.pdf>. [Consulta: 29 desembre 2010]

Pla de Ports de Catalunya 2007-2015. Capítol 2. Estudi del medi costaner. Adreça URL: <http://www20.gencat.cat/docs/ptop/Home/Serveis%20i%20tramits/Biblioteca%20i%20documentacio/Mobilitat/Publicacions/Ports%20i%20costes/Pla%20de%20ports/02_estudi_medi.pdf>. [Consulta:11 juliol 2011]

S.G. “La *Posidonia oceanica*. Fuente de vida”. Adreça URL: <http://marenostrum.org/vidamarina/vegetalia/fanerogamas/posidonia/ >. [Consulta: 17 desembre 2010]

Legislació

Llei estatal 42/2007, de 13 de desembre, del patrimoni natural i de la biodiversitat.

Decret 328/1992, de 14 de desembre, pel qual s'aprova el Pla d'espais d'interès natural.

Decreto 222/2008, de 11 de noviembre, por el que se aprueba el Plan rector de uso y gestión del área protegida de las islas Medes. Adreça URL: <https://www.gencat.cat/diari_c/5258/08310053.htm>. [Consulta: 2 gener 2011]

Ordre de 31 de juliol de 1991, per a la regulació d'herbassars de fanerògames marines.

Llei 2/2010, del 18 de febrer, de pesca i acció marítimes.

Directiva 92/43/CE, de 21 de maig de 1992, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres

10. Annexos

Legislació

Directiva 92/43/CE, de 21 de maig de 1992, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i de la fauna i flora silvestres

Artículo 2

1. La presente Directiva tiene por objeto contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres en el territorio europeo de los Estados miembros al que se aplica el Tratado.
2. Las medidas que se adopten en virtud de la presente Directiva tendrán como finalidad el mantenimiento o el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los hábitats naturales y de las especies silvestres de la fauna y de la flora de interés comunitario.
3. Las medidas que se adopten con arreglo a la presente Directiva tendrán en cuenta las exigencias económicas, sociales y culturales, así como las particularidades regionales y locales.

Artículo 3

1. Se crea una red ecológica europea coherente de zonas especiales de conservación, denominada «Natura 2000». Dicha red, compuesta por los lugares que alberguen tipos de hábitats naturales que figuran en el Anexo I y de hábitats de especies que figuran en el Anexo II, deberá garantizar el mantenimiento o, en su caso, el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y de los hábitats de las especies de que se trate en su área de distribución natural. La red Natura 2000 incluirá asimismo las zonas de protección especiales designadas por los Estados miembros con arreglo a las disposiciones de la Directiva 79/409/CEE.
2. Cada Estado miembro contribuirá a la constitución de Natura 2000 en función de la representación que tengan en su territorio los tipos de hábitats naturales y los hábitats de especies a que se refiere el apartado 1. Con tal fin y de conformidad con las disposiciones del artículo 4, cada Estado miembro designará lugares y zonas especiales de conservación, teniendo en cuenta los objetivos mencionados en el apartado 1.
3. Cuando lo consideren necesario, los Estados miembros se esforzarán por mejorar la coherencia ecológica de Natura 2000 mediante el mantenimiento y, en su caso, el desarrollo de los elementos del paisaje que revistan primordial importancia para la fauna y la flora silvestres que cita el artículo 10.

ANEXO I. TIPOS DE HÁBITATS NATURALES DE INTERÉS COMUNITARIO CUYA CONSERVACIÓN REQUIERE LA DESIGNACIÓN DE ZONAS DE ESPECIAL CONSERVACIÓN

1. HABITATS COSTEROS Y VEGETACIONES HALOFITICAS (El símbolo "*" indica los tipos de hábitats prioritarios.)

11. Aguas marinas y medios de marea

1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda

1120 * Praderas de *Posidonia* (*Posidonion oceanicae*)

1130 Estuarios

1140 Llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja

1150 * Lagunas costeras

1160 Grandes calas y bahías poco profundas

1170 Arrecifes

1180 Estructuras submarinas causadas por emisiones de gases

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del patrimonio natural y de la biodiversitad

Artículo 1. Objeto.

Esta Ley establece el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad, como parte del deber de conservar y del derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, establecido en el artículo 45.2 de la Constitución.

Artículo 2. Principios.

Son principios que inspiran esta Ley:

a. El mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas vitales básicos, respaldando los servicios de los ecosistemas para el bienestar humano.

b. La conservación de la biodiversidad y de la geodiversidad.

c.La utilización ordenada de los recursos para garantizar el aprovechamiento sostenible del patrimonio natural y, en particular, de las especies y de los ecosistemas, así como su restauración y mejora.

d. La conservación y preservación de la variedad, singularidad y belleza de los ecosistemas naturales, de la diversidad geológica y del paisaje.

e. La integración de los requerimientos de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y la biodiversidad en las políticas sectoriales.

f. La prevalencia de la protección ambiental sobre la ordenación territorial y urbanística y los supuestos básicos de dicha prevalencia.

g. La precaución en las intervenciones que puedan afectar a espacios naturales y/o especies silvestres.

h. La garantía de la información y participación de los ciudadanos en el diseño y ejecución de las políticas públicas, incluida la elaboración de disposiciones de carácter general, dirigidas a la consecución de los objetivos de esta Ley.

i. La contribución de los procesos de mejora en la sostenibilidad del desarrollo asociados a espacios naturales o seminaturales.

Artículo 52. Garantía de conservación de especies autóctonas silvestres.

1. Las Comunidades autónomas adoptarán las medidas necesarias para garantizar la conservación de la biodiversidad que vive en estado silvestre, atendiendo preferentemente a la preservación de sus hábitats y estableciendo regímenes específicos de protección para aquellas especies silvestres cuya situación así lo requiera, incluyéndolas en alguna de las categorías mencionadas en los artículos 53 y 55 de esta Ley.

Igualmente deberán adoptar las medidas que sean pertinentes para que la recogida en la naturaleza de especímenes de las especies de fauna y flora silvestres de interés comunitario, que se enumeran en el Anexo VI, así como la gestión de su explotación sean compatibles con el mantenimiento de las mismas en un estado de conservación favorable.

Decret 328/1992, de 14 de desembre, pel qual s'aprova el Pla d'espais d'interès natural

Article 1 Objecte del Pla

1.1 El present Pla d'espais d'interès natural té com a objecte, d'acord amb el que estableix l'article 15 de la Llei 12/1985, de 13 de juny, d'espais naturals (en endavant Llei 12/1985), la delimitació i l'establiment de les determinacions necessàries per a la protecció bàsica dels espais naturals la conservació dels quals es considera necessari d'assegurar, d'acord amb els valors científics, ecològics, paisatgístics, culturals, socials, didàctics i recreatius que posseeixen.

Article 21 Espècies de flora i fauna estrictament protegides

21.1 D'acord amb el que disposa l'article 9 de la Llei 12/1985, tindran la condició d'espècies de la flora estrictament protegides en els espais que s'indiquen les especificades a l'annex 3.

21.2 Així mateix, tindran la condició d'espècies de la fauna estrictament protegides en els espais assenyalats les especificades a l'annex 4.

21.3 Aquesta declaració implica:

a) En el cas de la flora, la prohibició de la destrucció, del desarrelament i, si s'escau, també de la collita i la comercialització de les espècies i de les seves llavors, així com la protecció del medi natural en què viu aquesta flora.

b) En el cas de la fauna, la prohibició de la persecució, de la caça, de la captura i de la comercialització dels animals, de les seves despulles o fragments i, en el cas de les espècies ovípares, de llurs ous i nius, i la protecció, si s'escau, del medi natural en què viu aquesta fauna.

Annex 3 Espècies de la flora estrictament protegides

- Fanerògames

(…)

- Posidoniàcies
  - *Posidonia oceanica*: cap de Creus
  - Potamogetonàcies
  - *Potamogeton polygonifolius*: massís de Cadiretes

(…)

- Utricolariàcies
  - *Utricularia minor*: Naut Aran
  - Zaniqueliàcies
  - *Cymodocea sp.*: cap de Creus, cap de Santes Creus, Delta de l'Ebre

(…)

- Zosteràcies

- *Zostera sp.*: cap de Creus, cap de Santes Creus, delta de l'Ebre

Llei 2/2010, del 18 de febrer, de pesca i acció marítimes

Article 1 Objecte

L'objecte d'aquesta llei és regular les matèries següents:

a) La pesca marítima professional i recreativa.

b) La pesca professional en aigües continentals.

c) El marisqueig.

d) L'aqüicultura.

e) El sector pesquer.

f) Les activitats marítimes.

g) La capacitació, la formació professional i la formació nauticorecreativa per a l'exercici de les activitats marítimes.

h) La recerca, el desenvolupament i la transferència tecnològica en l'àmbit d'actuació d'aquesta llei.

i) El règim de control i sancionador en l'àmbit d'actuació d'aquesta llei.

Article 32

Zones d'herbassars de fanerògames marines, coral·lígens i grapissars (fons de maërl)

1. Les zones d'herbassars de fanerògames marines, coral·lígens i grapissars (fons de maërl) són els espais marins el substrat dels quals és ocupat majoritàriament per aquestes comunitats.

2. Els espais ocupats per zones d'herbassars de fanerògames marines, coral·lígens i grapissars (fons de maërl) són hàbitats protegits als efectes de pesca, en concordança amb la normativa pesquera de la Unió Europea i de la normativa mediambiental.

3. El departament competent en matèria de pesca i acció marítimes ha de delimitar les àrees d'ocupació d'herbassars de fanerògames marines, coral·lígens i grapissars (fons de maërl) amb la finalitat de protegir aquests hàbitats d'alt interès pesquer.

Article 132

Infraccions greus

1. Són infraccions greus en matèria de pesca professional i marisqueig relatives a l'activitat:

d) Malmetre o destruir les zones d'herbassars de fanerògames marines, coral·lígens i grapissars (fons de maërl), llurs barbades o altres zones declarades de protecció pesquera o marisquera degudament senyalitzades.

Ordre de 31 de juliol de 1991, per a la regulació d'herbassars de fanerògames marines

Les comunitats de les fanerògames marines són un dels hàbitats més propis de la Mediterrània. Són hàbitats que la cultura popular els ha donat el nom d'alguers. En ells, el nivell de diversitat ecològica assoleix un dels valors més alts de la Mediterrània;

Aquestes comunitats es divideixen tradicionalment en quatre subconjunts: 1) el d'espècies vegetals i animals bentònics sèssils, 2) el d'espècies animals vàgils, 3) el d'espècies animals nèctonics, que les utilitzen com a lloc de repòs i 4) el d'espècies de la microfauna de les fulles;

De resultes del que abans hem esmentat, hi ha diverses espècies d'interès pesquer que passen part del seu cicle vital dins d'aquesta comunitat de fanerògames marines;

Per tal de permetre un bon desenvolupament de les poblacions d'interès pesquer i amb la finalitat de prevenir la regressió d'espècies vegetals superiors marines i de permetre la conservació d'aquests biòtops a llarg termini,

Ordeno:

Article 1

Amb la finalitat de prevenir la desaparició dels herbassars d'alguers de fanerògames marines i de permetre la conservació dels biòtops corresponents, es prohibeix la destrucció, la venda, la compra i la utilització d'aquestes espècies.

Article 2

La Direcció General de Pesca Marítima, a fi d'aconseguir els objectius de protecció, elaborarà un pla d'actuació que contindrà els aspectes següents:

Directiva Marc de l'Aigua: DIRECTIVA 2000/60/CE, de 23 d'octubre de 2000 per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües

Artículo 1 Objeto

El objeto de la presente Directiva es establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas que:

a) prevenga todo deterioro adicional y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos y, con respecto a sus necesidades de agua, de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos.

b) promueva un uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos hídricos disponibles;

c) tenga por objeto una mayor protección y mejora del medio acuático, entre otras formas mediante medidas específicas de reducción progresiva de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias prioritarias, y mediante la interrupción o la supresión gradual de los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias;

d) garantice la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evite nuevas contaminaciones; y

e) contribuya a paliar los efectos de las inundaciones y sequías,y que contribuya de esta forma a:

- garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua sostenible, equilibrado y equitativo,

- reducir de forma significativa la contaminación de las aguas subterráneas,

- proteger las aguas territoriales y marinas, y

- lograr los objetivos de los acuerdos internacionales pertinentes, incluidos aquellos cuya finalidad es prevenir y erradicar la contaminación del medio ambiente marino, mediante medidas comunitarias previstas en el apartado 3 del artículo 16, a efectos de interrumpir o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias, con el objetivo último de conseguir concentraciones en el medio marino cercanas a los valores básicos por lo que se refiere a las sustancias de origen natural y próximas a cero por lo que respecta a las sustancias sintéticas artificiales