

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

Carme Barba‡

Directors: Javier Romero¶, Jordi Martínez-Vilalta§

‡ Llicenciatura de Ciències Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Espanya

¶ Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona (UB), Espanya

§ CREAM/Unitat d'Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Espanya

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 en els prats ha estat d'aproximadament el 60% des d'un hipotètic estat "pre-industrial" fins l'actualitat.

Paraules clau: Béns i serveis ecosistèmics · Fanerògames marines · *Posidonia oceanica* · Abundància

RESUMEN

Las praderas de posidonia presentes en la costa catalana son ecosistemas de alta importancia; aunque no son muy extensas, nos aportan una gran multiplicidad de bienes y servicios ecosistémicos. Sin embargo, en las últimas décadas se ha observado un deterioro generalizado, tanto en lo que respecta a su regresión en superficie ocupada, como en lo que respecta a la pérdida de integridad ecológica. Ello nos indica que estos ecosistemas se están enfrentando a una crisis causada principalmente por las presiones de las actividades humanas en las zonas costeras.

En este proyecto se pretenden identificar todos los bienes y servicios que nos proporcionan los ecosistemas de fanerógamas marinas, así como también dictaminar cuál es la importancia de cada uno de ellos en el contexto de la costa catalana. Asimismo, se pretenden evaluar los impactos que causan la degradación y sus consecuencias, así como cuantificar, en términos relativos, la pérdida de estos bienes y servicios en la costa catalana, partiendo del dato de que la pérdida en abundancia, según los resultados, ha sido de aproximadamente del 60% desde un hipotético estado "pre-industrial" hasta la actualidad.

Palabras clave: Bienes y servicios ecosistémicos · Fanerógamas marinas · *Posidonia oceanica* · Abundancia

ABSTRACT

The *posidonia oceanica* seagrass meadows of the Catalan Coast are ecosystems of high importance, because taking into account their little extension, they provide a great multiplicity of ecosystem goods and services. Nevertheless, the damages observed in the seagrass meadows in the last decades, not only in terms of surface regression, but also regarding the loss of ecological integrity, indicate that these ecosystems are facing a crisis caused mainly by the pressure of the anthropic activities at the coastlines.

This project aims to identify all the goods and services provided by these seagrass meadows, and also determine the importance of each of them in the context of the Catalan Coast. On the other hand, it aims to evaluate the impacts and consequences of their degradation, and to quantify, in a relative way, the loss of these goods and services in the Catalan Coast, given the fact that, from the results obtained, since a hypothetical "pre-industrial" state, there has been a loss in the meadow abundance of around 60%.

Keywords: Ecosystem goods and services · Seagrass · *Posidonia oceanica* · Abundance

INTRODUCCIÓ

Amb l'avenç del coneixement científic, cap a la dècada dels 90, 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.

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 ambient en una sèrie de funcions que ens poden ser més fàcilment comprensibles i quantificables. Els béns i serveis ecosistèmics, són tots aquells "beneficis que de manera directa o indirecta, la societat obté dels ecosistemes" (Costanza *et al.*, 1997). Aquests beneficis comprenen tot allò que contribueix a la supervivència, subsistència o benestar dels éssers humans.

L'avantatge d'aquest enfocament és que ens permet crear una estratègia per a la gestió integrada dels aspectes naturals i socials que comporta l'explotació del medi natural.

La bibliografia al respecte és globalment extensa i variada. No obstant, és escassa pel que fa als ecosistemes de fanerògames marines, i més concretament, per a les praderies de posidònia.

Posidonia oceanica és una fanerògama marina, que presenta la mateixa estructura bàsica que les angiospermes terrestres, tot i que sovint, la funció de cada part no és la mateixa que en les seves homòlogues terrestres. Les fulles, tiges

(rizomes) i arrels, estan connectades entre si formant un tot, de manera que s'estenen pel medi marí en forma de prats.

Com es pot veure a la figura 1, es tracta d'una espècie endèmica del Mar Mediterrani, i la fanerògama més estesa a la regió. Es troba generalment a profunditats entre la superfície i els 30-40 metres.

La seva població està en regressió 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.

Els danys observats en els prats de posidònia en les últimes dècades ens indiquen que aquests ecosistemes s'estan enfrontant a una crisi causada principalment per les pressions de les activitats antròpiques a les zones costaneres. Aquestes són tant de caire directe, afectant de manera local l'ecosistema, com indirecte, amb causes que poden ocórrer lluny de les praderies. La situació a més, es veu agreujada a causa de la seva lenta capacitat de recolonització, que ve condicionada pel seu lent creixement (1-5 cm · any⁻¹ de manera horitzontal i vora 1 cm · any⁻¹ verticalment (Pergent *et al.*, 2009)).

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 inclou les praderies de fanerògames marines en l'Annex I de la 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. A Catalunya, es protegeix de manera explícita el prat de *Posidonia oceanica* del Cap de Creus, així com també la resta de prats mitjançant la prohibició de la destrucció, venta, compra i utilització d'aquestes espècies. Així també, es consideren hàbitats protegits als efectes de pesca en concordança amb la normativa pesquera europea i estatal.

OBJECTIUS I METODOLOGIA

Objectius

La deterioració que els prats de posidònia estan patint arreu es manifesta tant per les pèrdues en extensió com per les pèrdues en la integritat de l'ecosistema. Aquest últim aspecte pot ser quantitativament més important que el primer, i es desconeix quasi bé del tot la pèrdua de béns i serveis que duu associada. En aquest projecte es pretén fer un primer intent exploratori per tal d'ampliar el coneixement d'aquest aspecte, basant-nos en un cas real concret però prou representatiu, com són les praderies de casa nostra. L'estudi s'ha fet de forma esglaonada seguint els següents objectius:

- Basant-nos en fons documentals, identificar i descriure els béns i serveis proporcionats 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*.
- 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.
- 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 pretén presentar unes bases que serveixin de punt de partida per a obrir nous fronts d'investigació i, sobretot, per construir ponts entre recerca i gestió.

Àrea d'estudi.

L'estudi es duu a terme a la costa catalana, de 780 km de longitud (segons l'últim Pla de Ports de Catalunya 2010). L'estudi ha tingut en compte una superfície de praderies de 4.060 Ha. No obstant, es tracta d'una estimació de principis de la dècada dels 90 basada en cartografies fragmentàries o imprecises, i es creu que la superfície real pot ser entre 1,5 i 2 vegades superior a la indicada (J. Romero, com pers.).

La seva distribució és molt heterogènia al llarg del litoral, en general amb prats més extensos i continus a la costa tarragonina i barcelonina i d'altres més petits i discontinus a la costa gironina, d'orografia més retallada.

Disseny del procediment

D'acord amb el primer objectiu, es va efectuar una recerca bibliogràfica exhaustiva. Primerament a partir dels articles de Costanza *et al.* (1997) i Beaumont *et al.* (2007), i després seguint les seves ressenyes bibliogràfiques. A més a més, es va fer servir com a base el llibre divulgatiu de Romero (2004) per a una recerca posterior sobre ecosistemes de posidònia específicament.

El resultat d'aquesta recerca va ser una classificació -força semblant a la de Beaumont *et al.* (2007) per als ecosistemes marins- i inventari dels béns i serveis associats als ecosistemes de *Posidonia oceanica*.

Una vegada identificats els béns i serveis, es va determinar quina és la seva importància dins la costa catalana. Per a fer-ho es va ampliar la cerca bibliogràfica a més a més de recolzar els resultats amb criteris experts.

En el cas del segon objectiu hi ha tres línies diferenciades en la recerca. Per una banda, les causes que generen impactes en els ecosistemes de fanerògames marines han estat extretes majoritàriament de Romero (2004), reforçant la discussió amb l'article de Marbà (2009) o amb 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, també basada en Romero (2004), pretén detectar quins símptomes presenta un ecosistema de fanerògames quan es degrada. Aquesta informació es va relacionar amb 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 (figura 2) per a l'any 2008.

El concepte d'abundància el vam desglossar en quatre components: l'extensió (en unitats de superfície), la cobertura (en percentatge), la densitat (en nombre de feixos per unitat de superfície) i la superfície foliar (en unitats de superfície per feix).

Partint de la hipòtesi que l'abundància és proporcional als béns i serveis que un ecosistema ens proporciona, podem relacionar, de manera molt simplificada, la pèrdua de béns i serveis des de l'època "pre-industrial" fins l'actualitat, amb una disminució d'aquesta abundància, i alhora aplicar-ho al cas concret dels prats de *Posidonia oceanica* de la costa catalana.

Per al càlcul dels quatre components de l'abundància d'aquest hipotètic estat "pre-industrial", es va fer el promig dels valors de la cobertura, de la densitat i de la superfície foliar

de les estacions de mostreig amb un valor de l'indicador EQR superior a 0'7. És a dir, d'aquelles estacions que l'any 2008 es trobaven en un molt bon estat ecològic segons 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".

A continuació es va calcular la pèrdua o guany d'aquestes tres components entre l'estat "pre-industrial" i l'estat actual (any 2008). En el cas de l'extensió, aquest càlcul no s'ha realitzat, sinó que s'ha adoptat un valor global del 75% (Romero *et al.*, 2007). És dir, que s'ha suposat que l'extensió de prats actuals a la costa catalana és el 75% de la que hi havia a l'època "pre-industrial".

Per a respondre al tercer objectiu només es van tenir en compte els béns i serveis d'importància alta o mitjana dins la costa catalana i alhora que no tots aquests depenen de tots quatre components de l'abundància. Per a determinar aquest últim aspecte es varen introduir suposicions que es van corroborar amb criteris experts.

La pèrdua d'abundància (P) soferta pels prats, pels béns i serveis que depenguin de tots quatre components de l'abundància, s'ha quantificat en tant per u com a:

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

on A, B, C i D són respectivament els valors en tan per u de la pèrdua de cada un dels components de l'abundància (extensió, cobertura, densitat i àrea foliar) des de l'estat "pre-industrial" fins l'actualitat. Aquests valors es calculen tal i com s'ha indicat anteriorment.

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

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Béns i serveis associats als ecosistemes de fanerògames marines

Els principals béns i serveis que els ecosistemes de fanerògames marines ens subministren, inventariats a la taula 1, 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). Alhora, per a cada un d'ells es determina la importància que té en el context de la costa catalana.

Pel que fa la funció de proveïment d'aliments i de matèries primeres per al consum humà, aquests béns no tenen una importància rellevant a la nostra costa. En el cas de la pesca, perquè més del 90% de les captures efectuades a Catalunya al 2010 es van fer a fondàries on ja no hi ha prats de fanerògames marines, és a dir, amb tècniques de ròssec, encerclament i palangre. En el cas del cargol de punxes, que és el gasteròpode més abundant a les nostres costes i que viu prop dels alguers de posidònia, trobem que l'any 2010 representava menys d'un 0,5% del total de les captures anuals. Per altra banda, en el cas de l'extracció de matèries primeres (emprades com a fertilitzants, aïllants, adobs, etc) aquesta activitat havia tingut relativa importància en èpoques passades (Borum i Terrados, 2004). Si bé és cert que el seu ús en l'actualitat és més aviat de caire anecdòtic, i en cap cas, contribueix de forma significativa a l'economia.

Els prats de *Posidonia oceanica* contribueixen a la formació de sediments carbonatats gràcies a la deposició d'organismes amb closques o d'altres elements calcaris. Probablement els epífits de les fulles són la major font de carbonats per al sediment (Romero, 1988). En estudis elaborats a les Illes Medes, es va trobar que els valors de producció de carbonats per part d'aquests organismes epífits eren superiors als $80 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{any}^{-1}$ (Romero, 1988). Això significa que si estimem en 4000 Ha la superfície de prats de posidònia a la costa catalana, en total, la producció de carbonats és de més de 3000 tones anuals. Tot i que el valor és inferior al de la producció de carbonats en un escull de corall $-4 \text{ kg}/\text{m}^2\cdot\text{any}^{-1}$ (Smith i Kinsey, 1976)- el valor no és gens menyspreable si tenim en compte que ens trobem en un context mediterrani, on no hi ha esculls.

Pel que fa els serveis de regulació, possiblement trobem la funció més coneguda i important d'aquest ecosistema: la regulació dels gasos i el clima mitjançant els embornals de carboni. S'estima que un 12% de l'emmagatzematge total de carboni en els sediments oceànics és gràcies a aquests ecosistemes marins (Borum i Terrados,

2004). En el cas de *P. oceanica* l'enterrament s'efectua per l'acumulació dels òrgans subterranis (arrels i rizomes), que van quedant enterrats en condicions anòxiques sense degradar-se, i fan que el seu carboni quedi apartat del cicle i preservat durant temps geològics. Es contribueix per tant, a retirar diòxid de carboni del mar -i per tant, de l'atmosfera-, reduint així l'escalfament global degut a l'efecte hivernacle. 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 (Mateo i Romero, 1997). Si adoptem aquest valor com a orientatiu, 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).

Les fanerògames marines són els únics productors que poden explotar la reserva de nutrients del sediment, fet que els dona un paper fonamental en el servei de la regulació de nutrients, especialment en el cas del nitrogen. I especialment perquè a les praderies es donen les condicions idònies per a la desnitrificació, i en certes àrees, també per a la fixació de nitrogen, tot i que sobre la importància d'aquest darrer aspecte no hi ha unanimitat per part de la comunitat científica.

D'altra banda, sí que s'ha observat que la desnitrificació del medi que fan les plantes és una manera de depurar el nitrogen de forma natural, 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. Concretament, si tinguéssim un prat de *Posidonia sp.* 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 (Dennison, 2009).

L'últim servei de regulació inventariat és la protecció del medi que duen a terme els herbassars. Per una banda, efectuant un control de l'erosió i la sedimentació del fons marí, ja que les fulles de *Posidonia oceanica* atenuen la força de les onades i dissipen la turbulència, reduint la resuspensió de sediments i incrementant-ne la retenció enmig de les seves estructures (Gacia *et al.*, 1999; Terrados i Duarte, 1999). Per altra banda, els prats representen una protecció de la costa enfront els temporals. No obstant, aquest aspecte no és important en els prats de la costa catalana, ja que no s'acumulen grans quantitats de fulles i rizomes a les platges -com sí que passa a les Balears- i per tant no hi ha una protecció directa d'aquestes. I per altra banda, la majoria de prats del nostre litoral estan allunyats de la línia de la costa i l'efecte trencaones és gairebé menyspreable.

Dels béns i serveis culturals, els dos primers que apareixen a la taula 1, estan bastant relacionats ja que tenen a veure amb paràmetres socials. Són bastant subjectius a l'hora de descriure, així com també a l'hora de dictaminar la seva importància a la costa catalana. La natura sempre ha estat objecte d'estudi i de formació per la comunitat científica i educativa, i d'inspiració per a les diferents vessants de la cultura. Són minories les que coneixen, aprecien i valoren aquests ecosistemes, però no per això no duen a terme una tasca important. Sense anar més lluny, són múltiples les publicacions, i gens menyspreables els programes de sensibilització i educació ambiental relacionats amb els prats de posidònia. Ara bé, les oportunitats de diversió que aquest ecosistema ens ofereix són més reduïdes que en els dos últims casos esmentats. Els herbassars en la majoria dels casos no acostumen a ser l'objecte directe del busseig, ni tampoc les captures per lleure dels animals que hi viuen. Més aviat aquest gaudi és un fet indirecte, al qual no li atorguem una gran importància a la nostra costa.

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, totes elles molt interrelacionades i

d'una gran importància a la costa catalana: manteniment de la biodiversitat, provisió d'hàbitat i resistència i resiliència del sistema. S'estima que les praderies de posidònia proporcionen hàbitat a més de 400 espècies de flora i 1000 espècies de fauna (Ballesteros *et al.*, 1994), (Ruiz *et al.*, 2007). 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.

Els altres béns i serveis, referits al possible coneixement i beneficis futurs fan referència als possibles descobriments relacionats amb algunes propietats de les fanerògames marines que poguessin contribuir a la millora de la salut de les persones.

Causes i efectes del deteriorament de les praderies de posidònia

La pèrdua actual de prats marins il·lustra la vulnerabilitat en el que es troben aquests ecosistemes. Concretament les àrees costaneres són les que han patit una major transformació i un major creixement de les activitats humanes en l'últim segle.

A la taula 2 es resumeixen les principals causes que ocasionen la pèrdua de prats de fanerògames marines a la costa catalana. L'abocament de matèria orgànica i nutrients (principal causant de l'eutrofització de les aigües) i les construccions i accions en la costa, són els impactes de més gravetat que sofreixen aquests ecosistemes. L'eutrofització de les aigües fa incrementar 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. Però l'eutrofització també causa un augment de nutrients i matèria en el sediments, cosa que no

tolera gens bé *Posidonia oceanica*, ja que 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, que en altes concentracions provoca un dany en el teixit meristemàtic, reduint així la supervivència i creixement de la planta. En la mateixa línia, l'eutrofització fa augmentar la càrrega epífita de les fulles, de manera que pot arribar a ser letal per a la planta, reduint-ne la capacitat fotosintètica fins al punt que en causi la mort.

Moltes de les altres pressions sintetitzades a la taula 2 provoquen efectes sinèrgics que acceleren el procés de degradació (Duarte, 1995 in Marbà, 2009) fins a la conseqüent mort de la planta, a més a més de l'empobriment biològic del sistema que aquesta pèrdua suposa.

Una manera d'analitzar l'estat dels prats és calculant l'EQR associat a la massa d'aigua que els envolta; segons aquest indicador, a Catalunya, l'any 2008, el 13% dels prats presentaven un estat deficient, el 33% eren de qualitat mediocre, el 10% tenien una bona qualitat i el 43% la tenien molt bona.

L'abundància és un dels factors que es contempla dins l'EQR, i a la taula 3, es pot veure la variació de les seves components des d'un hipotètic estat "pre-industrial" fins a l'actualitat. En el cas de l'extensió, el valor de pèrdua ha estat aproximadament del 25% com ja s'ha esmentat anteriorment. D'aquests valors es deriva una pèrdua global en l'abundància dels prats de posidònia de la costa catalana del 60%, des de l'època "pre-industrial" fins a l'actualitat.

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

La pèrdua de béns i serveis associada als herbeis de posidònia de la costa catalana tindrà més repercussió en aquells béns i serveis considerats d'alta i mitjana importància, és a dir, sobre els que podem veure a la taula 4.

L'existència de prats de posidònia 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 hi hagi en els prats, més gran serà 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. A la taula 4 es veu la relació entre cada bé i servei i els components de l'abundància de les quals depèn.

Dit això, cal mencionar que la variació en la superfície foliar dels feixos és un component que no repercuteix significativament 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". És per això que els béns i serveis que depenen dels quatre components, així com els que depenen de les tres primeres, han patit una pèrdua similar, d'entorn el 60%. No obstant, per a la regulació del cicle de nutrients - desnitricació-, 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 els càlculs anteriors són només una aproximació basada en la hipòtesi de que la relació entre abundància de prats de *Posidonia oceanica* i béns i serveis ecosistèmics és directa. I aquesta relació no necessàriament ha de ser certa. Un exemple és en el cas de la desnitricació; 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 calgués, 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.

CONCLUSIONS

- Els principals 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 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 dels feixos 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 no contribueix significativament als resultats, ja que la seva variabilitat temporal ha estat baixa.
- La principal causa que ha ocasionat aquests declivis en els ecosistemes de fanerògames

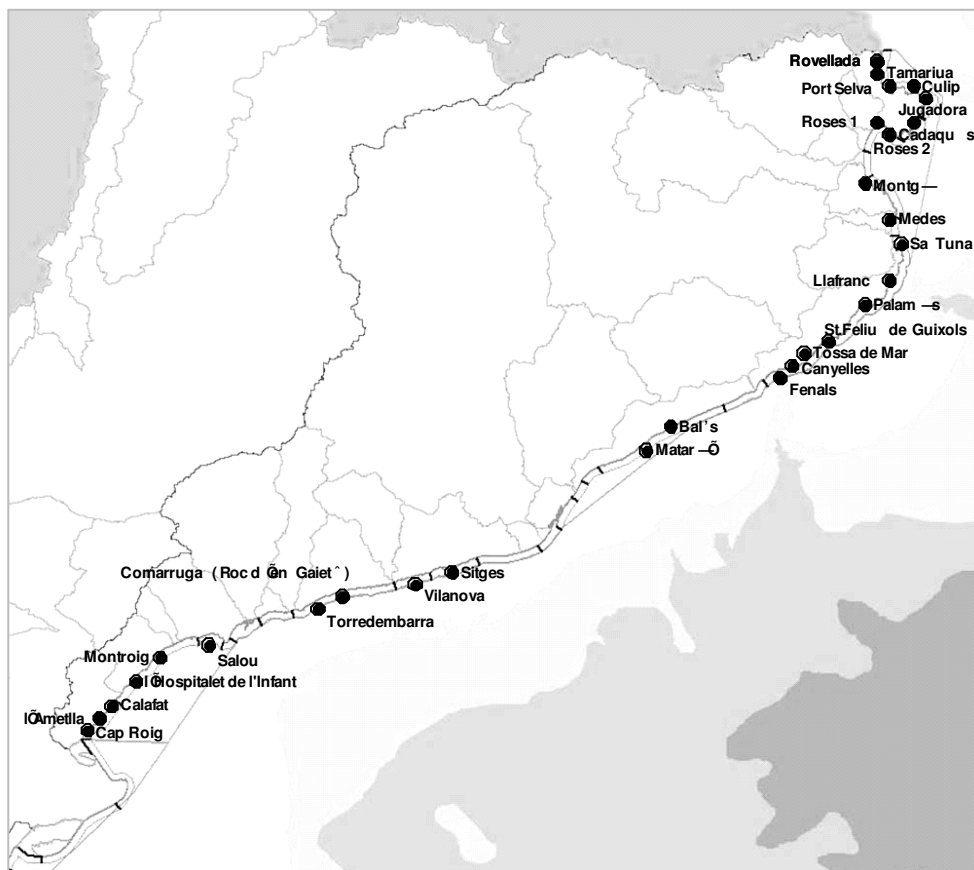
marines de la costa catalana ha estat l'eutrofització de les aigües.

- Els prats de fanerògames marines són ecosistemes importants ja que encara que són relativament poc extensos, concentren una gran multiplicitat de béns i serveis.

Figura 1. Mapa de distribució de *Posidonia oceanica* al món



Figura 2. Mapa de localització de les estacions de control de la xarxa operativa dels herbes de *Posidonia oceanica* a la costa catalana



Taula 1. Béns i serveis proporcionats per un ecosistema de fanerògames marines i importància que tenen dins la costa catalana

			Importància a la costa catalana	
Béns i serveis de producció:	- Provisió d'aliments per al consum humà	o Peixos	Baixa	
		o Altres	Marginal	
	- Matèria primera		o Adob	Marginal
			o Material de construcció	
			o Medecines	
			o Element decoratiu	
			o Material d'embalatge	
	o Biocombustibles			
	- Producció de sediments carbonatats		Moderada	
Serveis de regulació:	- Regulació dels gasos i del clima	o Embornals de carboni	Alta	
	- Regulació del cicle de nutrients	o Fixació de nitrogen i desnitrificació	Alta	
		o Intervenció en cicles d'altres nutrients	Desconeguda	
	- Autodepuració	o 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	o Protecció de la costa dels temporals	Marginal		
	o Control de l'erosió i de la sedimentació en el fons marí	Moderada		
Béns i serveis culturals:	- Identitat cultural		Moderada	
	- Beneficis cognitius	o Educació ambiental	Moderada	
		o Divulgació		
		o Recerca		
- Oci i temps recreatiu	o Busseig	Baixa		
	o 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	o Serveis d'aprovisionament	Desconeguda	
		o Recursos mèdics, genètics, etc.		

Taula 2. Efectes de la degradació d'un ecosistema de fanerògames marines

CAUSA	CONSEQUÈNCIA
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 <i>Posidonia oceanica</i> - 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

Taula 3. Càlcul de la pèrdua o guany en densitat, cobertura i àrea foliar, entre l'època "preindustrial" i l'actualitat

	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 4. Béns i serveis més importants a la costa catalana i factors de l'abundància dels quals pertanyen

Components de l'abundància	Producció de sediments carbonatats	Regulació dels gasos i del clima	Regulació del cicle de nutrients (desnitricació)	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							

AGRAÏMENTS

He d'agrair especialment al Dr. Romero i al Dr. Martínez-Vilalta la seva ajuda i col·laboració en l'elaboració d'aquest document. Així com també a l'Álvaro Fernández-Llamazares per totes les aportacions que hi ha fet.

BIBLIOGRAFIA

BALLESTEROS, E.; BORROUGHS, R. H.; CAMARASA, J. M.; CARVAJAL, R.; DUBINSKY, Z.; FERRER, X.; FLOS, J.; FOLCH, R.; GILL, 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.

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.

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.

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*. Fundació BBVA.

- 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.
- KINSEY, D.W.; SMITH, S.V. (1976). "Calcium carbonate production, coral reef growth, and sea level change". *Science*. 194 (4268): 937-939.
- 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*. Fundació 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.
- 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.; 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.
- TERRADOS, J.; BORUM, J. (2004). *European seagrasses: an introduction to monitoring and management. 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.

Material on line

- 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]
- 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 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]