

# AVALUACIÓ DE LES COMUNITATS ALGALS DE LES ILLES MEDES I LA COSTA DEL MONTGRÍ.

**Bernat Hereu, Cristina Linares i Mikel Zabala**

Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona  
Diagonal 645, 08028 Barcelona

## INTRODUCCIÓ

Les algues són els organismes dominants als paisatges submarins que volten les Illes Medes, tant per la seva biomassa com per la seva diversitat. De fet, les algues són presents a totes les comunitats bentòniques del nostre litoral, des de la superfície del mar fins a fondàries que poden superar els 100 metres.

Podem trobar una gran diversitat fitobentònica, tant en les espècies d'algues com en les comunitats que formen. Aquesta diversitat és generada per diferències en els seus requeriments fisiològics i per la resposta a una sèrie de factors ambientals que condicionen la seva distribució. Així, cada espècie s'ha adaptat a viure en un ambient en el que existeixen gradients de il·luminació, d'hidrodinamisme i disponibilitat de nutrients, en el tipus de substrat i la temperatura (Ollivier, 1929; Feldmann, 1937; Péres i Picard, 1964; Riedl, 1966; Ros et al., 1985). El principal gradient que podem retenir, perquè resumeix molts dels anteriors, és el batimètric. Com a resultat, podem observar una marcada zonació, de forma que cada espècie o comunitat només és present en un rang de profunditats determinat. D'aquesta forma trobem un paisatge organitzat en bandes horitzontals, on cadascuna correspon a un tipus de comunitat.

Degut a que les condicions ambientals són tan radicalment diferents, les característiques d'aquestes comunitats també ho són. Així, les espècies i comunitats més superficials, que tenen una elevada irradiació, un alt hidrodinamisme i un aport important de nutrients, són més productives i tenen cicles estacionals molt marcats; en contrast, les de fondària tenen una dinàmica i un creixement més lent degut a les restriccions de llum i en l'aport de nutrients (Johnson, 1969; Ballesteros, 1984).

Tots aquests factors fan que hi hagi una gran diversitat de condicions ambientals que es tradueix en una gran diversitat específica; especialment al Mediterrani, on s'han comptat més de 800 espècies, més de 500 de les quals estan citades les costes catalanes (Ballesteros, 1984).

Degut als importants papers ecològics que desenvolupen, les algues són un component fonamental dels ecosistemes bentònics marins. Son els principals productors primaris que aporten matèria orgànica a la xarxa tròfica per una part a través dels herbívors, com les salpes o les garotes (Kempf, 1962; Verlaque, 1987; Sala, 1996), però també, i sobretot, a través dels detritívors que descomponen i processen les frondes despreses al final de l'època de producció (Odum i De La Cruz, 1963).

A més de la seva funció com a productors primaris, les algues tenen un important paper estructural. En els ambients marins, on la majoria d'animals i algues viuen fixats al substrat, hi ha una forta competència per l'espai. L'estructura de les algues ofereix, per una part, una superfície on una gran quantitat d'organismes, tant animals com plantes, s'hi adhereixen utilitzant-les com a base de fixació. Així, per exemple, s'ha arribat a comptar fins a 150 espècies d'algues epífites fixades sobre el tal·lus d'una espècie de *Cystoseira* (Naegele i Naegele, 1961).

L'estructura tridimensional de les algues crea alhora una gran quantitat de microambients que son aprofitats per multitud altres d'organismes (crustacis, mol·luscs, poliquets...), que viuen entre les fronds o dins les estructures calcàrees que creen les algues incrustants. Aquesta riquesa d'organismes és aprofitada per altres espècies que s'hi alimenten, com les larves de peixos, que, a més de trobar-hi aliment, alhora es protegeixen dels seus depredadors. D'aquesta manera, trobem que, a més de la pròpia riquesa específica, creen una estructura on viu i interacciona una gran quantitat d'organismes; de forma que sovint s'han comparat les comunitats algals ben desenvolupades amb selves tropicals pel que fa a la seva complexitat.

Finalment, a més del valor florístic i faunístic per se, les algues tenen un important valor paisatgístic. Si tenim en compte que a les costes Mediterrànies,

i especialment a la costa del Montgrí i les Illes Medes, hi ha una gran tradició en la pràctica d'activitats subaquàtiques, les comunitats algals i tota la seva fauna associada (tant invertebrats com peixos) constitueixen uns paisatges únics per a l'observació i estudi de la natura.

En la sèrie de treballs realitzats per al Seguiment temporal de l'àrea Marina Protegida de les Illes Medes, treball que començà l'any 1991, les algues no es varen considerar degut a la complexitat que el seu estudi comporta. El disseny creat per al monitoratge de les Illes Medes estava basat en la mesura de variables biològiques de fàcil replicació, alta fiabilitat dels censos i que responien a impactes concrets (vegi's la introducció de la Memòria). Una mesura de la diversitat de les comunitats algals no encaixava dins d'aquest disseny, ja que l'abundància d'espècies i la dificultat en la seva identificació no promet una bona fiabilitat ni una fàcil replicació. A més, en aquell moment no es va identificar cap possible impacte que pogués afectar les comunitats algals, i la seva variabilitat espacial i temporal semblava respondre a causes molt difuses.

Si bé és cert que les algues i les comunitats algals han estat tradicionalment "oblidades" en els treballs científics i de seguiment del patrimoni natural de les Illes Medes, això no vol dir que no s'hagin fet estudis. El primer treball que fa referència a les comunitats algals de la costa del Montgrí és el de Dizerbo (1954) que fa una descripció molt breu de les comunitats infralitorals, equiparant-les amb les de les costes de les Alberes. Els primers treballs que es varen fer de cares a una catalogació de les espècies d'algues es va dur a terme per Ballesteros et al. (1984) dins el "Programa de bentos de la costa catalana, 1972-1974", dut a terme per l'equip del Dr. Joandomènec Ros, del Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, on es fa un llistat d'espècies i una descripció de les comunitats.

Més endavant, els treballs de Enric Sala (Sala, 1996; Sala i Ballesteros, 1997; Sala i Boudouresque, 1997) varen incloure les algues i les comunitats algals en el seu estudi de l'ecologia dels herbívors.

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

Per una part, pot haver un efecte de sobrepastura per part de les garotes, els principals herbívors bentònics de la Mediterrània (Verlaque, 1987). Com els peixos litorals són els principals depredadors i controladors de les garotes (Sala i Zabala, 1997), i com, degut a la sobrepesca, les poblacions de peixos litorals actualment només són abundants a les reserves marines, es pot aventurar la hipòtesi que han d'existir diferències en la densitat de les poblacions de garotes de les reserves marines (baixa) i les zones no protegides (elevada). Pels anomenats efectes en cascada, la disminució de peixos provoca un augment de les garotes, i l'augment en les poblacions d'aquests herbívors pot afectar notablement les comunitats algals. Així, s'ha descrit que altes densitats de garotes poden transformar comunitats algals ben desenvolupades en altres dominades per algues calcàries, amb una diversitat i complexitat molt inferior (Kempf, 1962; Verlaque, 1987; Sala, 1996; MacClanahan i Sala, 1997).

Aquesta temàtica ha estat objecte d'estudi en treballs paral·lels al seguiment (Sala, 1996; Hereu, dades no publicades), i ha permès entre altres resultats, posar a punt una tècnica semiquantitativa que permet un control efectiu i fàcilment replicable de les comunitats algals, metodologia que s'ha aplicat en aquest treball (vegi's metodologia).

Una altra causa de canvis en les comunitats algals són els efectes difosos relacionats a canvis en les condicions ambientals, contaminació.. etc. Aquestes diferències poden donar patrons espacials determinats, o canvis al llarg del temps. En els últims anys s'han detectat variacions en les densitats d'algunes espècies d'algues (Ballesteros, com. pers.), canvis que responen probablement a aquest factors difosos difícils de determinar.

L'aparició d'espècies introduïdes o invasores és també una possible causa de canvis en les comunitats algals. Ja hi ha exemples d'algues que han estat introduïdes i que han provocat canvis dràstics en les comunitats. Aquest és el cas de *Asparagopsis armata*, que en la època de màxima producció domina totalment les comunitats on és present (Sala, 1996). Però l'amenaça més important és en aquests moments l'expansió de l'alga tropical *Caulerpa taxifolia* (Meinesz et al., 1997). Aquesta espècie, introduïda a Monaco l'any 1984, s'ha escampat al llarg de les costes Mediterrànies a un ritme molt ràpid, encara que de moment no ha aparegut a la costa catalana. La presència d'aquesta alga genera un canvi radical en les comunitats algals, ja que ocupa el 100% de

la superfície, desplaçant així la resta d'algues i fauna associada, amb la conseqüent pèrdua de diversitat (Meinesz, 1999).

Per totes aquestes raons i degut a la seva importància en els ecosistemes marins i als canvis que s'hi poden produir, l'any passat es va incorporar el control de les comunitats algals en el Seguiment Temporal de l'Àrea Marina Protegida de les Illes Medes. El seu monitoratge ens

permetrà, per una part, tenir un control paral·lel al de les comunitats de garotes i peixos (cinqué i nové apartats, respectivament, d'aquesta memòria) per a testar l'efecte tròfic de la reserva; i d'altra part ens brindarà l'oportunitat de detectar possibles canvis causats o bé per introducció d'espècies introduïdes o per factors difosos (canvis ambientals, contaminació...). En aquesta memòria es presenten els resultats obtinguts durant l'any 2002.

Taula 1. Comunitats algals. Seguiment 2002. Mitjanes i desviacions estàndard del percentatge de cobertura de les diferents espècies seleccionades per a l'estudi en les diferents situacions experimentals. Cada espècie està marcada amb un superíndex segons el grup a que correspon: 1 = erectes, 2 = Incrustants, 3 = Gespes.

	Costa 5m		Costa 10 m		Medes 5m		Medes 10 m	
	Mitja	D.st	Mitja	D.st	Mitja	D.st	Mitja	D.st
<b>Chlorophyta</b>								
<i>Codium bursa</i> <sup>1</sup>	8.05	9.63	19.47	18.19	5.05	8.58	10.43	12.71
<i>Codium vermilara</i> <sup>1</sup>	23.19	20.42	13.77	16.41	4.58	7.05	2.89	5.43
<i>Codium effusum</i> <sup>1</sup>	2.58	7.24	0.66	2.11	4.26	8.93	0.83	3.21
<i>Halimeda tuna</i> <sup>1</sup>	3.08	5.90	2.25	4.06	2.70	8.24	4.43	8.32
<i>Flabellia petiolata</i> <sup>1</sup>	0.083	0.74	2.19	6.03	0.54	2.11	5.87	10.67
<b>Phaeophyta</b>								
<i>Cladostephus spongiosus</i> <sup>1</sup>	0.72	2.39	1.13	3.74	0.28	1.36	0.54	2.32
<i>Colpomenia sinuosa</i> <sup>1</sup>	4.88	6.91	0.36	1.33	3.13	6.11	1.20	3.38
<i>Cystoseira sp</i> <sup>1</sup>	0.91	2.82	1.27	5.10	8.90	15.58	10.22	13.58
<i>Cystoseira compressa</i> <sup>1</sup>	0.91	2.86	0	0	2.60	5.79	0.91	3.11
<i>Cystoseira zosteroides</i> <sup>1</sup>	0	0	0.055	0.66	0	0	0.18	1.84
Dictyotals <sup>1</sup>	65.38	21.28	74.86	18.13	81.39	17.84	65.58	24.70
<i>Halopteris sp.</i> <sup>1</sup>	21.55	18.05	21.55	22.52	18.36	17.83	1.31	3.22
<i>Padina pavonica</i> <sup>1</sup>	21.33	13.76	10.94	10.52	17.57	14.56	14.56	12.53
<b>Rhodophyta</b>								
<i>Asparagopsis armata</i> <sup>1</sup>	5.25	8.96	1.72	5.02	33.01	29.45	15.87	20.40
<i>Bonemaissonia asparagoides</i> <sup>1</sup>	1.11	2.69	5.47	8.02	3.15	6.39	8.70	13.28
<i>Corallina elongata</i> <sup>1</sup>	61.47	23.61	26.63	20.70	58.76	25.64	29.70	23.80
<i>Jania sp.</i> <sup>1</sup>	21.88	21.05	44.05	25.66	12.68	12.84	45.60	23.40
<i>Laurencia obtusa</i> <sup>1</sup>	11.13	17.15	1.38	4.69	17.49	17.78	1.31	3.22
<i>Lithophyllum incrustans</i> <sup>2</sup>	21.56	20.07	17.86	17.20	6.56	8.66	13.31	16.02
<i>Mesophyllum alternans</i> <sup>2</sup>	29.03	19.96	30.83	20.72	14.30	15.40	18.31	16.02
<i>Peyssonelia sp.</i> <sup>1</sup>	6.02	11.08	20.58	20.95	5.35	10.34	12.91	17.35
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> <sup>1</sup>	6.36	11.85	18.47	20.57	1.35	4.43	8.29	14.49
<i>Wrangellia penicillata</i> <sup>1</sup>	6.97	11.06	9.61	12.87	0.80	2.48	3.33	6.61
<b>Categories</b>								
Erectes	84.97	13.63	92.11	12.92	91.39	13.52	90.81	12.72
Gespes <sup>3</sup>	80.61	18.53	70.33	23.03	78.22	21.98	77.64	20.36
Blancall	13.77	16.88	6.97	13.16	2.24	7.20	2.10	6.17

## METODOLOGIA

La metodologia utilitzada consisteix en realitzar censos visuals, on es quantifica la cobertura de una sèrie predeterminada d'espècies d'algues, a més dels grups funcionals a les que pertanyen (Taula 1). Aquests grups han estat seleccionat seguint els criteris de Sala (1996) i es classifiquen segons el tipus de cobertura que presenten les diferents algues: erectes, gespes i blancalls. Les algues seleccionades són les principals espècies de les comunitats que formen, tant en biomassa com en el component estructural, ja que en la seva majoria són algues erectes amb un port vertical important, o són incrustants que determinen el tipus de substrat. Un altre criteri per a la selecció ha estat la facilitat en la seva identificació, per tal de disminuir la probabilitat d'errors durant del comptatge

La variable que es mesura és la cobertura de cada espècie i de cada grup funcional. Per al càlcul de la cobertura s'utilitzaven quadres de PVC de 50 x 50 cm, reticulats en 25 quadrícules de 10 x 10 cm. Aquest quadres es deixen sobre el fons i s'apunta la quantitat de quadrícules en que cada espècie d'alga era present. Per a calcular el percentatge de cobertura de cada espècie es comptabilitzen el nombre de quadrícules en les que era present i es divideix pel total de quadrícules.

El seguiment s'ha tornat a realitzar en les mateixes 9 localitats que es van seleccionar l'any 2001: 5 a les Illes Medes, 2 a la costa del Montgri protegida, i 2 a la costa del Montgrí no protegida (Figura 1). En cada estació a 5 i 10 metres de fondària, s'han comptat un total de 20 quadres disposats l'atzar, cobrint així un total de 5 m<sup>2</sup> per a cada localitat i profunditat.

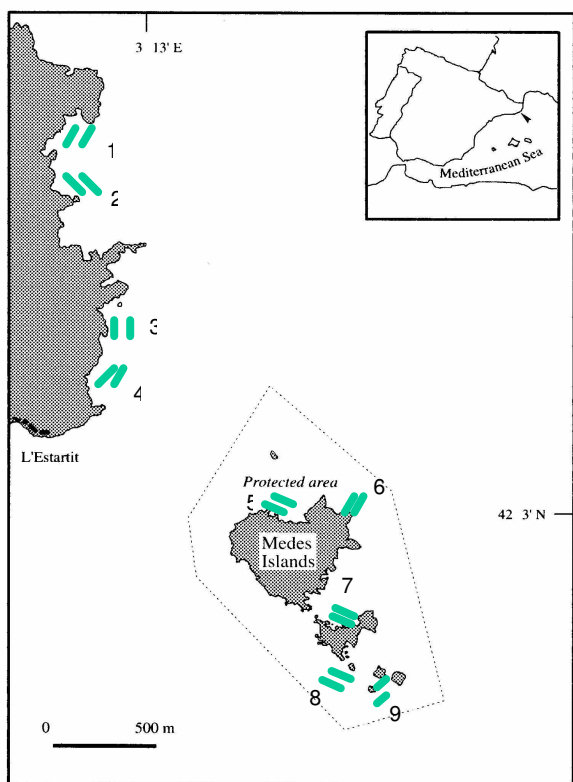


Figura 1- Comunitats algals. Seguiment 2002. Localització de les estacions (5 i 10 metres). 1 = Falaguer, 2 = Dui, 3 = Arquets, 4 = Molinet, 5 = Coetera, 6 = Pedra de Deu, 7 = Racó dels Caganers, 8 = Ferranelles, 9 = Tascons.

El mostreig s'ha fet durant la mateixa època que es va realitzar l'any passat entre el 27 i el 31 de maig del 2002, evitant així l'efecte de l'estacionalitat, factor que sens dubte és tant o més important que els que estudiem pel que fa a canvis en la composició i estructura de les comunitats algals.

Degut a que és el segon any de seguiment d'aquesta comunitat, no podem esperar grans canvis a nivell de comunitat, però els anàlisis d'aquestes dades ens permetran comparar les dades dels dos anys, i verificar si el mètode de mostreig ens permet congelar el factor estacionalitat. Així, els resultats d'aquest any i l'anterior haurien de ser similars, mentre que s'haurien de mantenir les diferències trobades en l'informe anterior.

Per a veure l'afinitat entre les diferents estacions mostrejades (cada lloc i profunditat en cada any) es varen fer un Anàlisi de Components Principals (PCA) amb la mitja dels valors de cobertura de cada una de les 24 espècies o grups d'espècies censades (veure taula 1). Aquest anàlisi ens permet veure com s'ordenen les estacions segons els l'abundància de cada espècie, i alhora podem tenir una estima de quina importància té cada espècie a l'hora d'explicar aquestes distribucions. Les dades es varen transformar logarítmicament ( $\log(x+1)$ ) per a normalitzar-les. Per a aquest càlcul s'ha utilitzat el programa CANOCO (Ter Braak, 1985). Per a testar estadísticament les diferències entre els factors que poden explicar les diferències entre localitats (reserva i profunditat), es varen fer anàlisis de similitud (ANOSIM) (Clarke 1993). Aquest anàlisi es basa en la comparació de les rèpliques dins de cada localitat i entre les de diferents localitats a partir de una matriu de rangs de similitud. El valor de l'estadístic (R) varia entre -1 i 1, i mostra la correlació que hi ha entre els diferents tractament testats, de forma que els valors més positius expliquen que les mostres de un mateix tractament són més similars entre elles que amb la resta, i el valor més negatiu que les mostres de un mateix tractament són més similars entre la resta que entre elles mateixes. Un valor 0 voldria dir que no hi ha cap efecte del tractament en les mostres. Es considera que a partir de un valor de 0,25 ja es pot apuntar certa afinitat, tot i que es considera clarament diferents per sobre de valors de 0,5.

El resultat de l'anàlisi és un valor de R, però en cas de múltiples factors, també analitza les

diferències entre parelles de mostres. El valor de significació d'aquest estadístic es pot calcular mitjançant un test de permutacions. Per a aquest anàlisi es va utilitzar el programa PRIMER (Clarke 1993).

Primer es va testar els censos dels diferents anys de mostreig (2001 i 2002) per a comprovar si hi ha diferències per la variabilitat degut a l'estacionalitat. Per a comparar els efectes de la profunditat i la reserva, es varen agrupar les estacions en les quatre combinacions ortogonals dels tractaments: Medes-5, Medes-10, Costa-5, Costa-10.

A més, s'han fet una sèrie de anàlisis de la variància sobre els grups funcionals (algues erectes, gesses i blancalls) per a testar si concorden amb els resultats obtinguts a nivell de comunitat en els anàlisis multivariants. Es varen fer anàlisi ANOVA de un factor (temps) per a testar si hi ha diferències entre els dos anys de seguiment (2001 i 2002), i anàlisi ANOVA de dos factors (reserva i profunditat) per a testar els patrons de ordenació de les diferents estacions. Per a testar la homogeneïtat de la variància es varen fer tests de Cochran. En els casos que va ser necessari es varen transformar les dades logarítmicament. En els casos en que, tot i transformar les variables, seguia havent heterogeneïtat, es va reduir el nivell de significació de l'anàlisi fins a un valor de 0,001 per a evitar errors en la determinació de les diferències entre grups (error tipus I).

## RESULTATS

Els resultats dels mostreigs es resumeixen a la Taula 1, on es mostren els percentatges de cobertura de cada espècie d'alga, segons la seva situació (Medes o Costa) i la seva profunditat (5 i 10 m).

L'anàlisi de components principals ens explica el 27,18 i el 21,22 % de la variància en el primer i el segon eix respectivament, acumulant un total del 60,95 % de la variància dins els tres primers eixos. La figura 2 mostra la ordenació dins els dos primers eixos de les diferents estacions en els dos anys de seguiment, així com la distribució de les diferents espècies (variables) en el mateix espai.

A la figura 2 es pot veure com les estacions s'agrupen quatre grups ben diferenciats segons la

profunditat i també segons la seva situació dins o fora de la reserva. A més, les mostres de la mateixa estació però de diferents anys, tot i que es separen lleugerament, no mostren cap patró. La distribució de les espècies també s'ordenen segons un eix de fondària, tot i que també es pot observar certa relació amb la reserva. Així, dins les algues més somes, *Asparagopsis armata*, *Cystoseira compressa*, *Cystoseira* sp. i *Laurencia pinnatifida* tenen més afinitat a la reserva, mentre que *Colpomenia sinuosa*, *Padina pavonica*, *Codium effusum* i *Codium vermilara* semblen més

afins a les estacions de la costa. Per contra, *Bonemaissonia asparagoides*, *Flabellia petiolata*, *Peysonellia* spp., *Jania rubens*, *Halimeda tuna* són clarament espècies més esciàfiles lligades a les estacions profundes. Hi ha una sèrie d'espècies, com *Sphaerococcus coronopifolius*, *Litophyllum incrustans*, *Cladostephus hirsutus*, *Codium bursa*, *Wrangelia penicillata* o inclòs *Codium vermilara* que són més freqüents a fora de la reserva, però que no sembla que estiguin massa lligades a la profunditat.

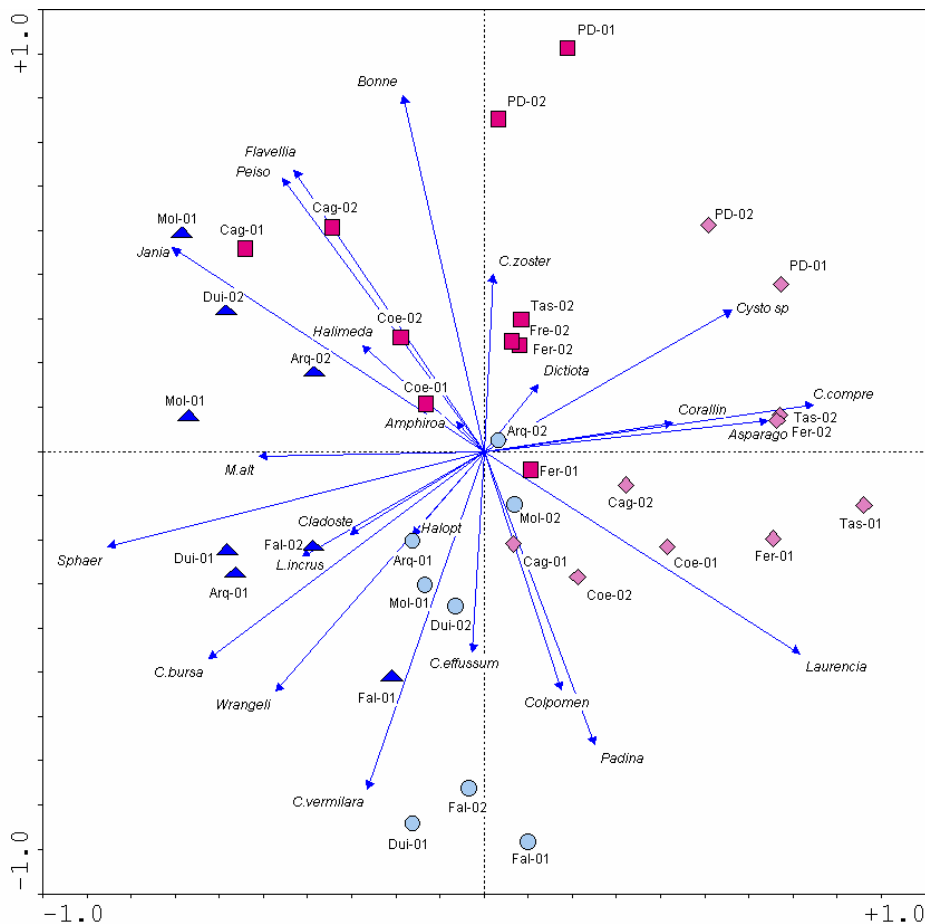


Figura 2- Comunitats algals. Seguiment 2002. Distribució de les espècies a les diferents estacions estudiades a la costa del Montgrí i les Illes Medes. Diagrama de ordenació de l'Anàlisi de Components Principals (PCA) amb les diferents espècies (fletxes) i estacions; el primer eix és l'horitzontal i el segon, el vertical. Les localitats estan agrupades segons la localitat i la profunditat: cercles blau clar = costa 5m, Triangles blau fosc = costa 10 m, rombes rosa = Medes 5 m, quadrats vermells = Medes 10m. El nom de les localitats són: Tas = Tascons, Fer = Ferranelles, Cag = Caganers, PD = Pedra de Deu, Coe = Coetera, Mol = Molinet, Arq = Arquets, Dui = Dui, Fal = Falaguer. Al final de cada nom s'ha afegit l'any de la mostra de cada estació: 01 = 2001, 02 = 2002. El nom de les espècies son: *C.bursa* = *Codium bursa*, *C.effusum* = *Codium effusum*; *C.vermilara* = *Codium vermilara*, *Flavelia* = *Flabellia petiolata*, *Halimeda* = *Halimeda tuna*, *Cladost* = *Cladostephus spongiosus*, *Colpomen* = *Colpomenia sinuosa*, *C.compre* = *Cystoseira compressa*, *Cysto sp* = *Cystoseira* sp., *C.zoster* = *Cystoseira zosteroides*, *Dictiota* = *Dictiotals*, *Halopt* = *Halopteris* sp., *Padina* = *Padina pavonica*, *Asparago* = *Asparagopsis armata*, *Bonne* = *Bonemaissonia asparagoides*, *Corallin* = *Corallina elongata*, *Jania* = *Jania* sp., *Laurencia* = *Laurencia obtusa*, *L.incrus* = *Litophyllum incrustans*, *M.alt* = *Mesophyllum alternans*, *Peiso* = *Peisonellia* sp., *Sphaer* = *Sphaerococcus coronopifolius*, *Wrangel* = *Wrangelia penicillata*.

En l'anàlisi de similaritat entre els diferents anys de mostreig, tot i que és significatiu ( $R=0,16$ ;  $P=0,03$ ), no es pot considerar que hi hagi diferències entre els dos anys, ja que el valor de correlació és molt baix.

L'anàlisi dels factors profunditat i reserva es mostren en la taula 2. El valor global de l'anàlisi és significatiu, i les diferències són degudes bàsicament a les diferències entre les estacions a diferents fondàries. Així, en l'anàlisi de parelles de tractaments, veiem que les màximes diferències es donen entre les estacions de diferents fondàries, tant de dins de la reserva com de la costa, tot i que les màximes diferències es donen entre les estacions de Costa 10m i Reserva 5m. Les estacions de la mateixa profunditat entre la reserva i la costa no es mostren tant diferents, especialment els fons de 10 m, on la significació del test no ens permet diferenciar-les.

*Taula 2- Comunitats algals. Seguiment 2002. Resultats dels anàlisis ANOSIM d'un factor de les combinacions de protecció i profunditat (Reserva- 5, Reserva-10, Costa-5, Costa-10). La primera fila mostra el resultat global, mentre que les files inferiors mostren les diferències entre les parelles de tractaments.*

		R	p
Test global		0,425	0,001
Test per parelles	Costa-5, Reserva-10	0,403	0,002
	Costa-10, Reserva-5	0,756	0,001
	Costa-5, Costa-10	0,561	0,001
	Reserva-5, Reserva-10	0,474	0,001
	Costa-5, Reserva-5	0,34	0,001
	Costa-10, Reserva-10	0,113	0,08

Els resultat dels anàlisis univariants amb les categories funcionals ens mostren un patró similar. L'anàlisi de la cobertura de les algues erectes (Taula 3) ens mostra en la interacció que a la profunditat de 5 metres la cobertura a molt més baixa que a la resta de tractaments. Així, a la profunditat de 10 metres, la cobertura a la costa és més elevada, amb valors similars dels de la reserva, que no mostren diferències entre fondàries.

Els resultats en la cobertura de blancalls (Taula 4) prenen el sentit invers del de les algues erectes, ja que són més abundants a la costa a la profunditat de 5 metres, mentre que a la profunditat de 10 metres té valors semblants a les de la reserva, on no mostra diferències entre profunditats. Tot i la significació del test de Cochran, els valors de

significació de l'anàlisi són prou petits com per a desestimar errors tipus I.

*Taula 3- Comunitats algals. Seguiment 2002. Resultats dels anàlisis ANOVA de dos factors: Zona (Reserva i Costa) i fondària (5m i 10m), i amb la cobertura de algues erectes com a variable dependent.*

Erectes	df	MS	F	p-level
Zona	1	528,42	2,19	0,140
Fondària	1	1158,85	4,80	0,029
Zona x Fondària	1	2660,58	11,01	0,001
Error	362	241,66		
Cochran			0,29	0,640
Transf			no	

*Taula 4- Comunitats algals. Seguiment 2002. Resultats dels anàlisis ANOVA de dos factors: Zona (Reserva i Costa) i fondària (5m i 10m), i amb la cobertura de algues calcàries incrustants com a variable dependent.*

Blancalls	df	MS	F	p-level
Zona	1	249,69	62,72	0,000
Fondària	1	57,22	14,37	0,000
Zona x Fondària	1	57,13	14,35	0,000
Error	362	3,98		
Cochran			0,34	0,010
Transf			Log(x+1)	

L'anàlisi de la cobertura de gesses ens mostra diferències clares diferències entre la zona de reserva (amb valors més elevats) que la costa (Taula 5). Tot i que els valors de cobertura a 5 metres són més elevats, el valor de significació del test no ens permet considerar que hi ha diferències entre profunditats, considerant que el test de Cochran és significatiu.

*Taula 5- Comunitats algals. Seguiment 2002. Resultats dels anàlisis ANOVA de dos factors: Zona (Reserva i Costa) i fondària (5m i 10m), i amb la cobertura de gesses com a variable dependent.*

	df	MS	F	p-level
Zona	1	12106,60	29,12	0,000
Fondària	1	2041,04	4,91	0,027
Zona x Fondària	1	839,12	2,02	0,156
Error	362	415,72		
Cochran			0,36	0,020
Transf			no	

## DISCUSSIÓ

Els resultats obtinguts en aquest segon any de seguiment de les comunitats algals, son molt similars als obtinguts l'any passat. La variabilitat a escala anual és un factor molt potent a l'hora de determinar la composició de les comunitats algals infralitorals. Moltes espècies d'algues tenen un marcat patró estacional, ja que aprofiten el moment en que les condicions ambientals (disponibilitat de nutrients, llum..) els són més favorables per a fer forts pics de creixement, principalment a la primavera, mentre que en les èpoques més desfavorables pràcticament desapareixen. Un dels problemes que ens vàrem plantejar a l'hora de dissenyar un seguiment de les algues a nivell de comunitat va ser si, tot i fer els comptatges a la mateixa època, l'estacionalitat podia emmascarar altres causes de variabilitat. En aquest segon any de seguiment, hem pogut comprovar que les mostres dels dos anys, tot i tenir certa variabilitat, són comparables, validant així el mètode i la temporalitat en el mostreig per a aquest seguiment.

L'efecte de la profunditat, es mostra com el factor més important alhora d'explicar la distribució de les comunitats algals de la costa del Montgrí i les Illes Medes. La profunditat és un gradient molt marcat que resumeix una sèrie de factors limitants (com la llum, la disponibilitat de nutrients, l'hidrodinamisme..) que afecten al creixement de les plantes.

Les estacions de les Illes Medes i la Costa del Montgrí, tal com es va comprovar l'any passat, segueixen sent diferents, tot i que es creuen amb l'efecte de la profunditat. Així, a la fondària de 5 metres les diferències són importants, mentre que a 10 metres les estacions de la costa i la de les Illes Medes no mostren diferències.

Aquestes diferències entre les comunitats de les Medes i les de la costa es podrien explicar per dues causes diferents que corresponen a dos processos oposats.

### 1- Herbivoria

Per una part, la major densitat de peixos degut a la protecció de la pesca pot exercir un control "per dalt" causant efectes tròfics en cascada. Tal com està descrit al capítol de garotes, la gran abundància de peixos depredadors de garotes a les

Illes Medes faria que aquestes siguin menys abundants i que estiguin més temps amagades en refugis, provocant una disminució de la pressió d'herbivoria.

Els grups morfològics de les algues erectes, gespes i blancalls poden respondre a aquest patró. Els models actuals que expliquen les dinàmiques de les comunitats algals i els seus herbívors al Mediterrani (Verlaque, 1987; Sala, 1996) descriuen aquests grups com els que formen els estadis de comunitats ben desenvolupades (algues erectes), estadis intermitjos (gespes) i estadis de sobrepastura (blancalls).

Aquest fet podria explicar les diferències obtingudes en els anàlisis realitzats, on es detecten diferències significatives per la categoria de blancalls entre illes i costa. Els resultats mostren que la cobertura d'algues erectes és menor i els blancalls son més abundants a la costa a 5 metres que a les Illes Medes, i això podria ser degut a la major pressió d'herbivoria per part de les garotes a la costa del Montgrí.

El fet que les diferències es donin només en la profunditat de 5 metres podria correspondre a que és en aquesta fondària on hi ha una màxima densitat de garotes.

A nivell d'espècies, les distribucions en l'anàlisi de component principals també semblen correspondre a aquest patró (Figura 2). Així, les algues erectes més sensibles a la pressió de les garotes, com són les espècies de *Cystoseira*, *Laurencia obtusa* o les formes erectes de *Corallina elongata* són més afins a les estacions de Medes de 5 metres de fondària. *Asparagopsis armata* també té més afinitat a aquestes estacions ja que, com va descriure Sala (1996), aquesta espècie es veu afavorida per la presència de peixos herbívors. Degut a que *A.armata* està defensada químicament, els peixos mengen selectivament altres espècies eliminant així les seves competidores.

### 2- Insularitat

Però les limitacions "per sota" també poden tenir un paper important en explicar aquest patró. Les Illes Medes estan situades a unes dos milles mar enfora, més exposades a corrents i moviments de l'aigua, i formant-hi un obstacle. Aquesta situació especial pot crear que els corrents que hi arriben o els afloraments d'aigües més fondes riques en nutrients puguin crear condicions suficientment diferents de la costa del Montgrí com per explicar el canvi en les comunitats. Aquest "efecte illa" es pot observar també en altres espècies que depenen



de les condicions de l'aigua, com les gorgònies o el corall vermell, que formen poblacions més abundants en zones exposades.

Però segurament els dos factors interactuen, i és per això que volem ser molt cautes en donar una explicació excessivament simple a les diferències entre les dues zones. En estudis paral·lels a aquest seguiment s'ha pogut comprovar que les comunitats algals sota diferents condicionants ambientals poden donar respostes diferents a la pressió dels herbívors.

A més de les diferències ambientals poden haver causes històriques que puguin afectar aquestes distribucions. Els canvis en les comunitats són canvis molt lents, amb molta inèrcia, que poden produir-se i perllongar-se durant molt temps.

Aquest curt període de seguiment de les comunitats d'algues el podem considerar també com un període de proves. Així, hem pogut verificar que el sistema de mostreig de les algues és satisfactori, ja que hem pogut congelar l'efecte de l'estacionalitat i de l'observador. No obstant, hem identificat la necessitat de introduir en els anàlisis censos de garotes i de peixos de cada localitat i cada fondària, ja que d'aquesta forma es podrà discernir millor quina és la causa de variabilitat. Aquests censos es faran en el seguiment de l'any proper i s'aniran fent regularment en períodes de tres anys.

El seguiment temporal d'aquestes comunitats a llarg termini, ens permetrà comparar les densitats de peixos i les densitats de garotes, organismes que intervenen en els anomenats efectes tròfics en cascada per a poder determinar la correlació entre els tres grups, i testar si aquest efectes tròfics es produeixen tal com estan descrits. Alternativament aquest seguiment permetrà tenir un control de les comunitats de cares als possibles canvis que es puguin produir a causa de factors ambientals difosos o a la aparició d'espècies invasores.

## BIBLIOGRAFIA

- Ballesteros, E. 1984. Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Tesi doctoral. Universitat de Barcelona, 587 pp
- Ballesteros E., Ll. Polo, J. Romero 1984. Vegetació submarina de les Illes Medes. I.

- Algues. A Ros J., I. Olivella, JM. Gili (eds) 1984. Els sistemes naturals de les Illes Medes. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona. p: 333-371
- Clarke KR, 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structures. *Aust. J. Ecol.* 18:117-143
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albes. Wolf.Rouen., 399 pp
- Johnston CS. 1969. Studies on the ecology and primary production in Canary Islands marine algae. *Proceed.in Seaweed Symp.*, 6 : 213-222
- Kempf M. 1962. Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* (L). *Rec.Trav.St.Mar.Endoume*, 25(39): 47-115
- NaEgele E., A. Naegele 1961. Les algues. Press. Univ. France Paris.
- Odum ED., A. De La Cruz 1963. Detritus as major component of ecosystems. *Aibs. Bull.*, 13: 39-40
- Ollivier G. 1929. Étude de la flore marine de la côte d'Azur. *Ann. Ins. Océanogr.*, 7(3): 53-173
- Peres JM, J. Picard 1963. Aperçu sommaire sur les peuplements marins benthiques entourant l'île de Port-Cros. *Terre vie*, 110(4): 436-448
- Riedl R. 1966. *Biologie der Meereshöhnel*. Paul Parey, Hamburg
- Ros J., J. Romero, E. Ballesteros, JM. Gili 1985. Diving in Blue Water: the Benthos. In: R. Margalef (ed.), *The Western Mediterranean*. p: 233-235
- Rull J., A. Gomez-Garreta 1989. Distribución de las algas epífitas sobre los ejemplares de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau. *Anales Jard.Bot.Madrid*, 46: 99-106
- Sala E. 1996. The role of fishes in the organization of a Mediterranean subtidal community. Tesi Doctoral, Univ. Aix-Marseille II, França
- Sala E., M. Zabala 1996. Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 140: 71-81
- Ter Braak K.F. 1985. CANOCO: A FORTRAN program for canonical correspondence analysis and detrended correspondence analysis. IWIS-TNO, Wageningen, The Neetherlans.
- Verlaque M. 1987. Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamrk) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, p: 5-36