

# SEGUIMENT TEMPORAL DE LA GAROTA COMUNA

## *Paracentrotus lividus* EN LES ILLES MEDES. EXERCICI 1997

Bernat HEREU i Mikel ZABALA

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

### INTRODUCCIÓ

Els herbívors marins tenen un paper fundamental en la composició i l'estructura de les comunitats algals arreu del món (Lawrence, 1975; Lubchenco & Gaines, 1981; Hay, 1991). En els mars temperats les garotes són considerades com els herbívors més importants, i en el Mediterrani occidental *Paracentrotus lividus* l'espècie de garota més abundant (Harmelin et al. 1980, 1981) es la que més importància té com a herbívor dins la comunitat d'algues fotòfiles (Verlaque, 1987). El fet que la seva densitat i distribució estigui afectada pels seus depredadors (Sala, 1996) i alhora influeixi significativament sobre les comunitats algals, fa que estigui considerada una espècie clau (Paine, 1966), indicadora de l'estat i dels canvis que es puguin produir en la comunitat d'algues fotòfiles.

Els resultats del censos realitzats durant els anys 1991-96 indiquen que la densitat i estructura de mides de *P.lividus* depèn tant de la topografia del substrat com del grau de protecció que gaudeix la zona. L'efecte de la topografia es manifesta en el fet de que en els fons de blocs les densitats són majors i les talles mitjanes menors que en les parets verticals.

El diferent grau de protecció també té un efecte clar, ja que dins la zona protegida les densitats són menors i la talla mitja superior que en les zones no protegides, encara que en els últims anys aquestes diferències tendeixen a atenuar-se.

Tenim l'impressió que la densitat actual de garota *P. lividus* sobre el litoral Mediterrani és un fet recent, mediat per la pressió de l'home sobre els seus depredadors (peixos, crustacis...) i que té unes conseqüències molt nocives per les poblacions algals: la major part dels fons mediterranis actuals mostren símptomes de sobrepastura amb comunitats empobrides per l'excesiva pressió her-

bívora de les garotes (Kempf, 1962; Vukovic, 1982; Verlaque & Nedelec, 1983; Verlaque, 1987; Sala, 1996).

Una qüestió interessant a resoldre es valorar fins a quin punt una elevada densitat de peixos és capaç de controlar demogràficament les poblacions de garotes (Tegner & Dayton, 1981; McClanahan & Muthiga, 1989; McClanahan & Shafir, 1990; Sala & Zabala, 1996)

Els objectius d'aquest apartat del seguiment temporal de la reserva es compararan l'evolució de la densitat i de l'estructura demogràfica de les poblacions de les garotes dins i fora de la reserva en situacions que, excepte en la densitat de peixos, són molt similars.

Aquest any per primer cop es presenten les dades de la garota negra *Arbacia lixula* que s'han pres en els mateixos transectes i utilitzant la mateixa metodologia que *P. lividus* des de l'any 1995. Aquesta espècie es freqüent en la mateixa franja batimètrica que *P.lividus*, encara que s'han descrit microhàbitats diferenciats per ambdues espècies: així com *P. lividus* ocupa els fons dominats per algues erectes, *A. lixula* queda relegada a zones més esciàfiles amb dominància de algues calcàries incrustants. Es per aquest fet que s'ha descrit aquesta distribució com una forma de partició dels recursos (Frantzis et al., 1988; Kempf, 1962)

A més de la possible competència amb *P. lividus* (ja sigui pels recursos tròfics o per els refugis que les protegeixen contra els seus depredadors), *A. lixula* té l'interès afegit que es considera una espècie termófila (Francour et al., 1994), podent donar molta bona informació sobre possibles canvis a més gran escala.

D'aquesta manera aquest any introduïm un nou descriptor en el control d'invertebrats herbívors de la zona infralitoral. L'estudi comparat de les poblacions d'ambdues espècies donarà probablement una molta bona informació adicional.

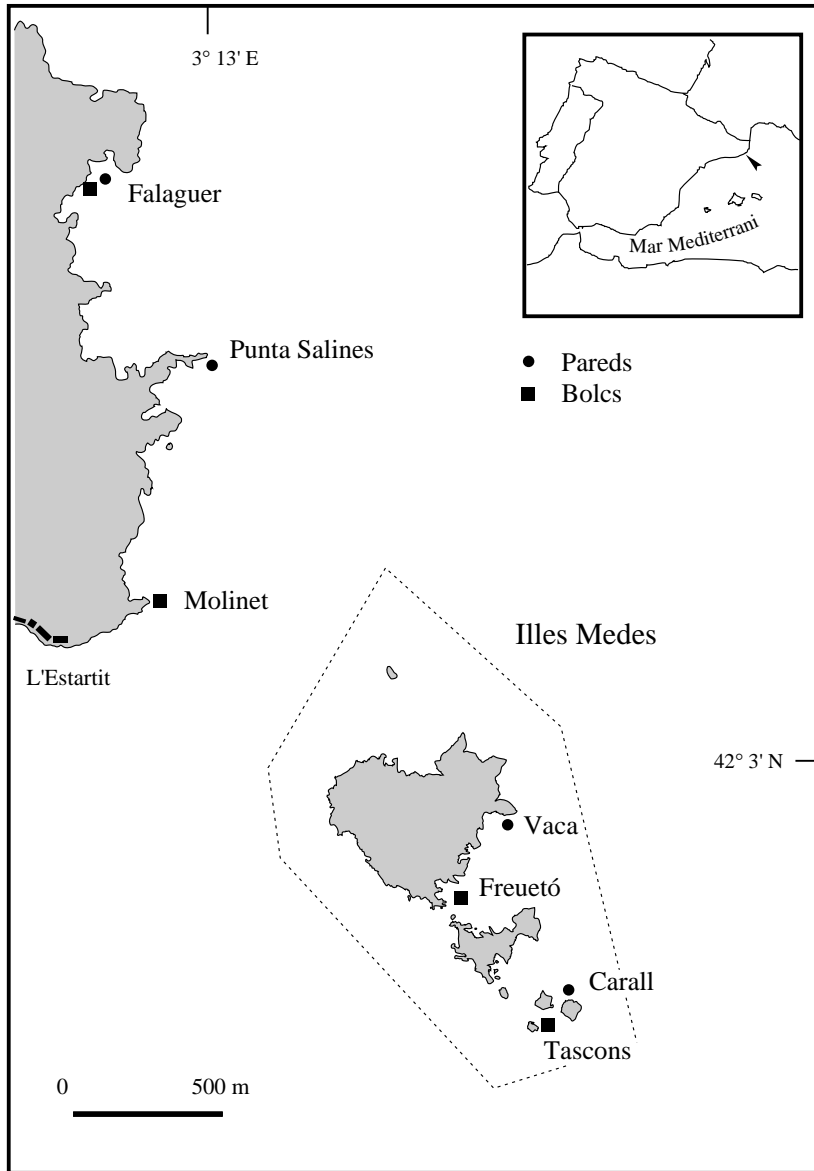


Figura 1. Garota comuna (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1997. Localització dels transectes.

## METODOLOGIA

Les variables triades són: 1) la densitat (nombre d'individus per metre quadrat: Ind/m<sup>2</sup>) i 2) l'estructura de les mides de la població quan es considera el diàmetre de la closca sense espines en cm. com a descriptor.

La metodologia utilitzada es la de censos visuals sobre transectes fets amb escafandre autònom. Els transectes cobreixen una superfície de 50m<sup>2</sup>, i està delimitats per una cinta mètrica de 50 metres de llargada i per una barra de PVC de 1 metre de llargada amb la que es ressegueix el recorregut de la cinta mètrica. Per a calcular l'estructura de talles es mesura el diàmetre de la closca sense espines mitjançant un peu de rei amb precisió de ±1mm. En cada transecte es medeix un mínim de 100 individus, passant a continua-

Taula 1. Garota comuna (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1996. Situacions experimentals dins i fora la reserva.

	Blocs	Paret
RESERVA		
C. Bernat		X
Tascons	X	
Vaca		X
Freuetó	X	
RESERVA (Costa)		
Molinet	X	
Punta Salines		X
NO RESERVA		
Falaguer	X	X

ció a contar totes les garotes trobades -sense mesurar-les- per a calcular la densitat. En el cas de *Arbacia lixula* s'han mesurat tots els individus degut a la baixa densitat de les poblacions d'aquesta espècie.

Les situacions experimentals han estat definides com a diferents combinacions del tipus de fons (blocs i paret) i el grau de protecció (reserva o no reserva), tal i com es mostren en la taula 1. De cadascuna de les situacions s'han fet 3 transectes, sient un total de 24. Aquests, han estat cada any els mateixos i s'hi troben representades totes les situacions experimentals. Les localitzacions de les estacions de mostreig no han variat respecte l'any passat i es mostren en la figura 1.

La profunditat dels transectes té una mitjana de 6m, i varia entre 5-7m. .

Per tal de veure la significació estadística de les diferències observades, s'ha realitzat anàlisi de la variància (ANOVA) de les dades resultants dels paràmetres "densitat" i "diàmetre mitjà" de les poblacions.

## RESULTATS

### *Paracentrotus lividus*

#### Estat de les poblacions el 1997

Els resultats obtinguts en el seguiment de *P. lividus* es resumeixen en la taula 2 i en la figura 2. La taula 2 mostra les mitges i desviacions mitja-

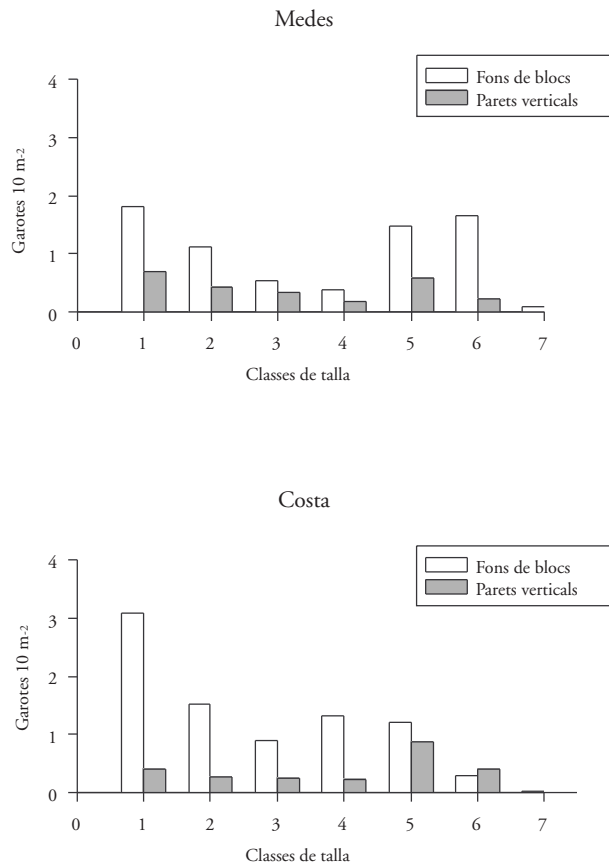


Figura 2. Garota comuna (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1997. Estructura de talles dins i fora de les Medes; a) Medes; b) Costa del Montgrí.

nes de les densitats i les talles de *P. lividus*. En la figura 2 es representa en forma d'histogrames les densitats de cada classe de talla de dins i de fora la reserva en cada tipus de fons.

Taula 2. Garota comuna (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1997. Densitats ( $\text{Ind}/\text{m}^2$ ) i diàmetres mitjans (cm) i desviacions típiques de la garota comuna (*Paracentrotus lividus*) en els punts de mostreig de les Illes Medes i la costa del Montgrí durant l'any 1997.

	DENSITAT		DIÀMETRE	
	Xn	STD	Xn	STD
<b>RESERVA</b>				
Carall Bernat	0.14	0.40	3.22	1.54
Tascons	1.79	1.38	3.49	1.93
Vaca	4.02	1.63	3.08	1.78
Freuetó	8.31	4.73	3.62	2.10
<b>COSTA RESERVA</b>				
Punta Salines	4.60	5.06	3.78	1.70
Molinet	7.36	4.99	2.34	1.64
<b>NO RESERVA</b>				
Falaguer paret	3.52	3.93	4.06	1.78
Falaguer blocs	9.04	3.73	3.06	1.47

L'anàlisi comparatiu de les diferents estacions de dins i fora la reserva mostren unes densitats superiors fora de la zona protegida tant en els fons de blocs ( $F(1,57) = 7,52; p < 0,008$ ) com en les parets verticals ( $F(1,59) = 4,68; p < 0,034$ ). Les talles, en canvi no mostren un patró uniforme, ja que en els fons de blocs són superiors dins la zona protegida ( $F(1,46) = 295,69; p < 0,00$ ) i en les parets verticals son inferiors ( $F(1,14) = 73,88; p < 0,00$ ).

### Evolució de les poblacions al llarg dels anys de seguiment.

Les variables en que s'ha centrat aquest estudi al llarg dels anys han estat sempre les densitats i les talles. Tant l'evolució de les densitats com la de les talles de *P. lividus* de cada estació al llarg dels anys d'estudi, es mostren en les figures 3, 4 i 5.

La figura 3 i 4 mostren l'evolució de les densitats i les talles mitges de *P. lividus* de cada estació durant els anys de seguiment. La figura 5 mostra en forma d'histogrames la freqüència rela-

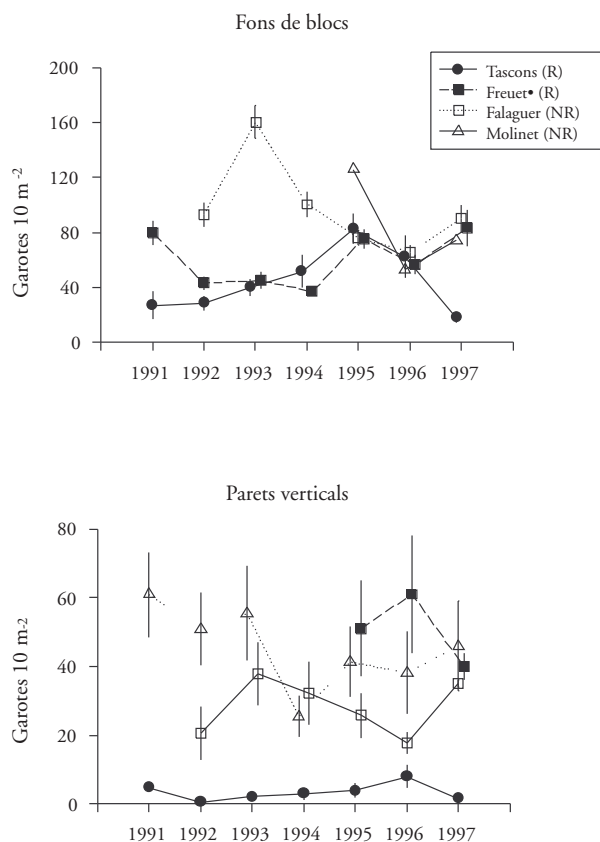


Figura 3. Garota comuna (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1990-1997. Evolució de les densitats ( $\text{Ind}/\text{m}^2$ ) al llarg dels anys de seguiment en les diferents situacions experimentals estudiades; a) fons de blocs, b) parets verticals. Signes plens: Medes; Signes buits: costa del Montgri.

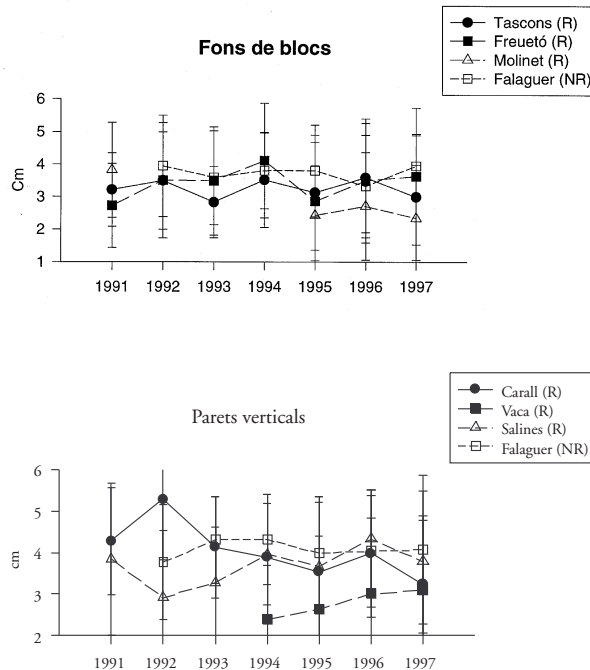


Figura 4. Garota comuna (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1990-1997. Evolució de les talles mitges (cm. diàmetre) al llarg dels anys de seguiment en les diferents situacions experimentals estudiades; a) fons de blocs, b) parets verticals. Signes plens: Medes; Signes buits: costa del Montgri.

tiva de les diferents talles de cada estació durant tots els anys de seguiment.

Les densitats de *P. lividus* mostren una tendència a una homogeneització de les estacions de dins i de fora de la reserva. Així com els primers anys s'observà, sobretot en els fons de blocs, una densitat menor a les estacions de dins la reserva, durant els últims anys aquestes tendències sembla que tendeixen a disminuir, assolint totes les estacions (exceptuant enguany la dels Tascons) uns valors similars.

Les estructures de talles mostren un any més un patró bimodal, amb els pics centrats en les talles petites de 1 i 2 cm i en la talla 5-6 cm. Aquest patró es comú en els dos tipus de fons estudiats, encara que les classes de talla més petites estan més ben representades en els fons de blocs degut a l'efecte del substrat que ja va quedar demostrat en les anteriors memòries, i que un any més es manté.

En algunes estacions es pot observar un augment relatiu de les classes de talla petites, com l'estació del Carall Bernat el 1994, La Vaca el 1995, Freuetó i Tascons el 1992. Aquesta entrada de individus joves reflecteix forts pics de reclutament detectats en aquestes estacions.

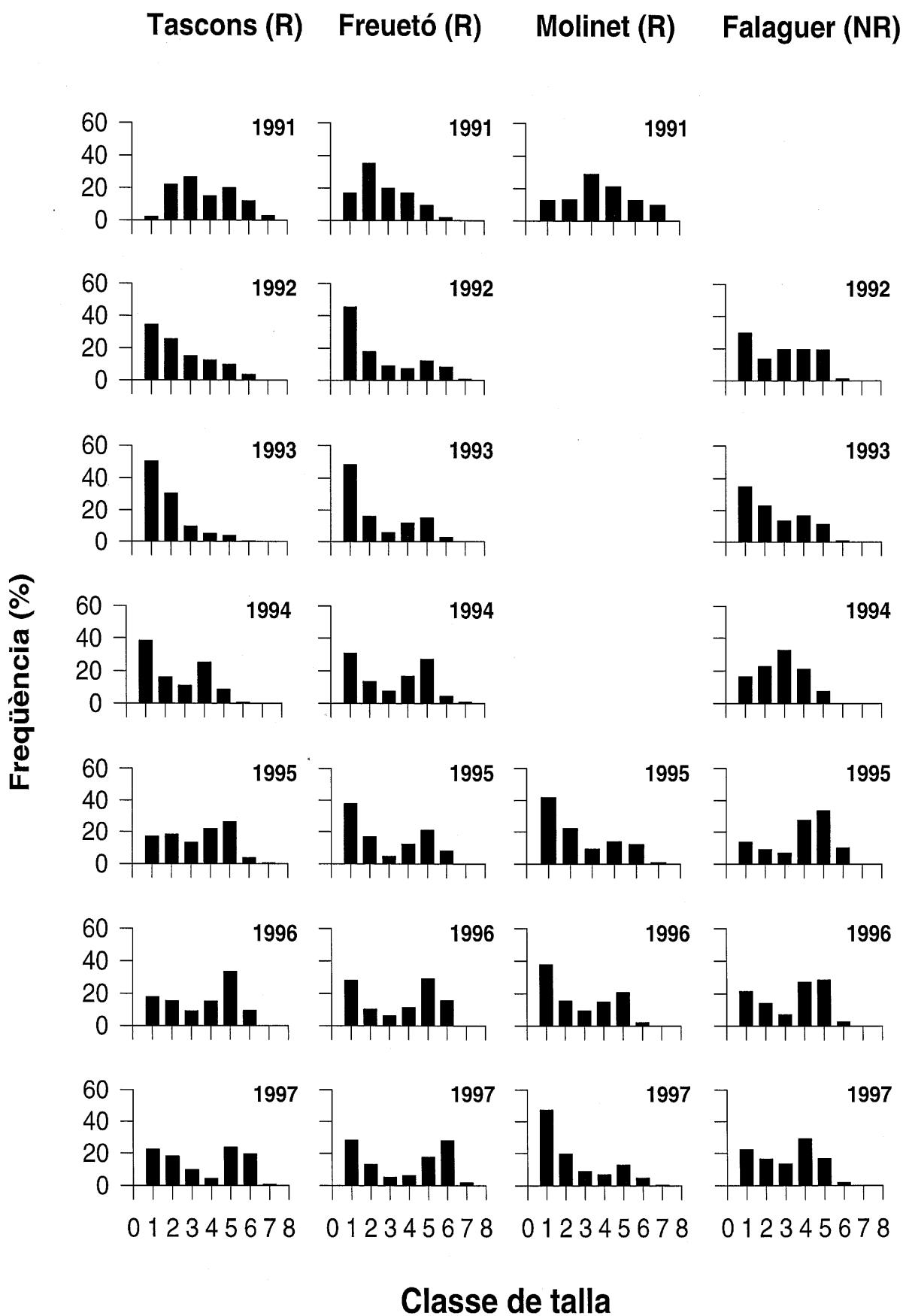


Figura 5. *Garota comuna* (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1990-1997. Distribució de les talles a les estacions de fons de blocs al llarg de tots els anys de seguiment.

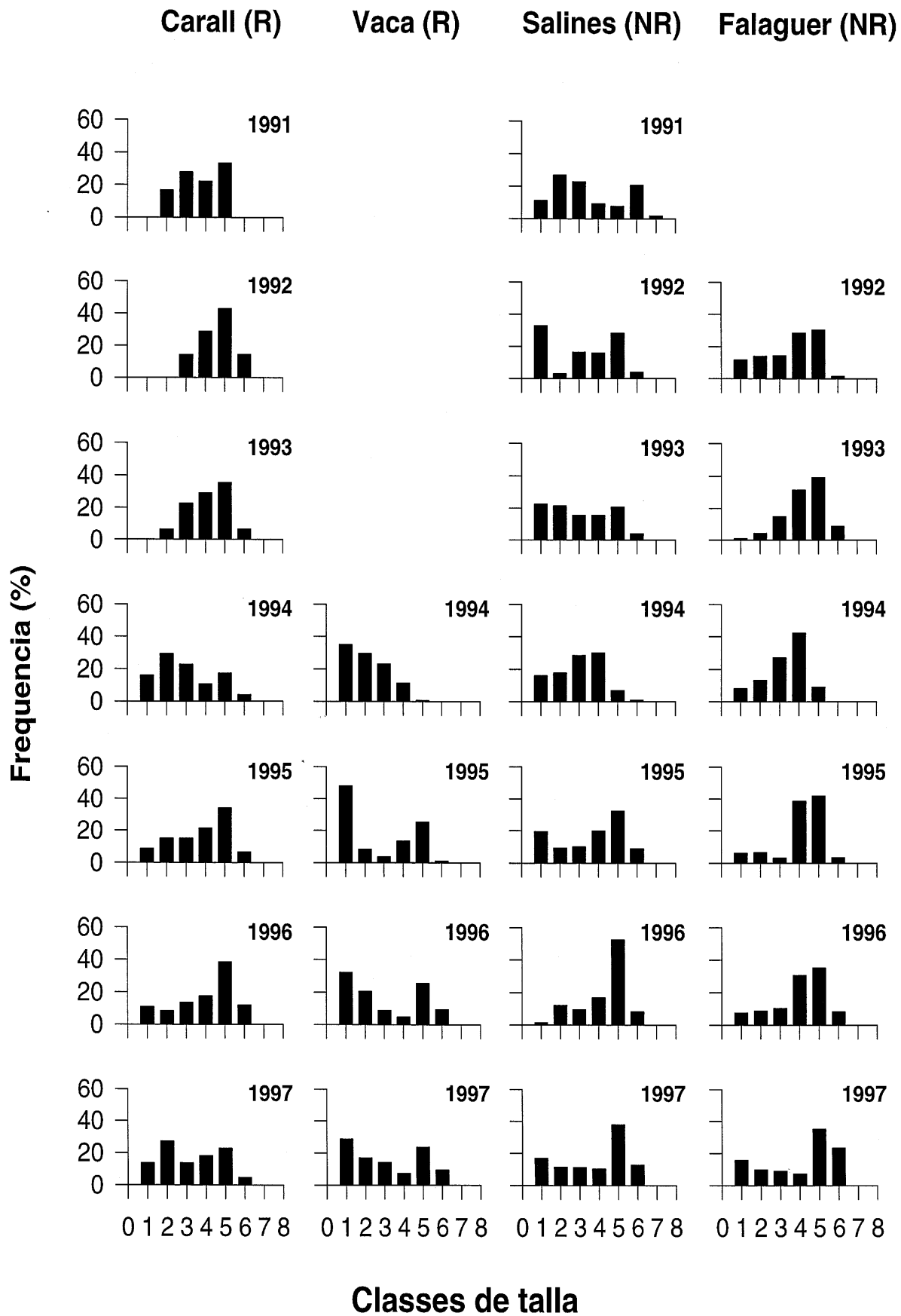


Figura 5 (continuació). Garota comuna (*Paracentrotus lividus*). Segiment 1990-1997. Distribució de les talles a les estacions de parets al llarg de tots els anys de seguiment.

**Taula 3.** Segiment 1997. Densitats mitges (Ind/m<sup>2</sup>) i desviacions típiques de *A.lixula* en les diferents situacions experimentals els anys 1995-97.

		1995		1996		1997	
		Mitja	Std.Dv.	Mitja	Std.Dv.	Mitja	Std.Dv.
Reserva	Paret	0,06	0,11	0,11	0,25	0,07	0,12
	Blocs	0,36	0,50	0,31	0,69	0,67	0,63
Costa	Paret	0,20	0,33	0,13	0,27	0,19	0,29
	Blocs	0,15	0,39	0,45	0,56	0,46	0,47

**Taula 4.** Segiment 1997. Talles mitges (cm) i desviacions típiques de *A.lixula* en les diferents situacions experimentals els anys 1995-97.

		1995		1996		1997	
		Mitja	Std.Dv.	Mitja	Std.Dv.	Mitja	Std.Dv.
Reserva	Paret	4,00	0,61	4,03	0,84	3,91	0,92
	Blocs	3,56	0,85	3,41	0,82	3,80	0,78
Costa	Paret	4,49	0,62	4,28	0,75	4,50	0,62
	Blocs	3,79	0,41	3,76	0,43	3,80	0,85

### *Arbacia lixula*

#### Estat de les poblacions

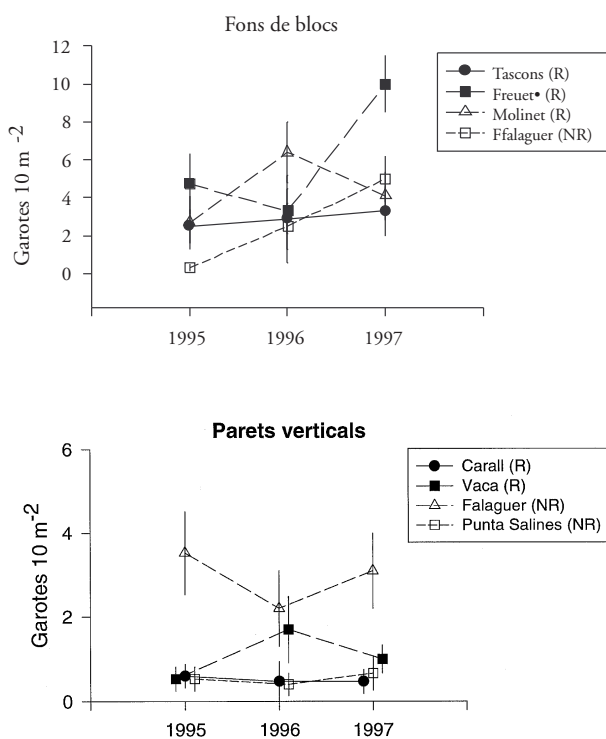
Les taules 3 i 4 mostren els valors obtinguts en els censos de 1995, 1996 i 1997 de les densitats i talles de les diferents situacions experimentals estudiades. L'evolució de les densitats mitges i de les talles mitges de cada estació es representen en les figures 6 i 7. La figura 8 mostra els histogrames de l'estructura de talles de les poblacions de *A.lixula* en les mateixes estacions.

#### Efecte de la topografia.

En aquesta espècie de garota, igual que en *P.lividus*, es veu un efecte clar del tipus de fons tant en la mida com en la densitat. L'anàlisi de les densitats mostren uns valors superiors en els fons de blocs que en les parets verticals ( $F(1,385)=34,42$ ;  $p<0,00$ ), i la mitja de les mides és superior en les parets verticals que en els fons de blocs ( $F(1,752)=85,23$ ;  $p<0,00$ ).

#### Efecte de la reserva.

L'efecte de la protecció sobre les poblacions de *A.lixula* es molt notòria a les parets verticals tant en les densitats superiors fora de la reserva, ( $F(1,174)=6,56$ ;  $p<0,021$ ), com en les talles ( $F(2,224)=17,98$ ;  $p<0,00$ ).



**Figura 6.** Garota negra (*Arbacia lixula*). Segiment 1995-1997. Evolució de les densitats (Ind/m<sup>2</sup>) al llarg dels anys de seguiment en les diferents situacions experimentals estudiades; a) fons de blocs, b) parets verticals. Signes plens: Medes; Signes buits: costa del Montgri.

En els fons de blocs no hi han diferències significatives pel que fa a les densitats ( $F(1,174)=6,56$ ;  $p<0,256$ ) però si en canvi en les

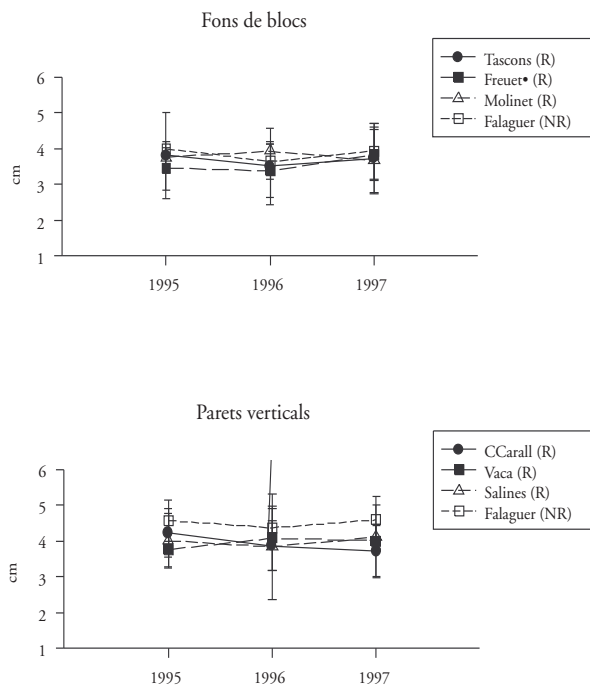


Figura 7. *Garota negra* (*Arbacia lixula*). Segiment 1995-1997. Evolució de les talles mitges (cm. diàmetre) al llarg dels anys de seguiment en les diferents situacions experimentals estudiades; a) fons de blocs, b) parets verticals. Signes plens: Medes; Signes buits: costa del Montgrí.

talles, igual que en les parets verticals, son superiors a fora que dins de la reserva ( $F(1,581)=4,90$ ;  $p<0,027$ ).

### Evolució de les poblacions. Interval 1995-1997.

Durant els tres anys d'estudi s'han pogut observar canvis en les densitats de les poblacions de *A. lixula*. Així, les densitats mitges en els fons de blocs han sofert un increment, tant dins com fora de la zona de reserva (sobretot l'any 1997) ( $F(2,87)=3,37$ ;  $p<0,02$ ). Aquestes diferències no s'han observat en les zones de parets verticals ( $F(2,17)=,04$ ;  $p<0,96$ ).

L'estructura de talles de les poblacions mostren un patró unimodal, clarament diferent al de *P. lividus*, amb una important acumulació en les talles de 4 i 5 cm.

No s'han trobat diferències en la mitja dels diàmetres entre els diferents anys de control ( $F(2,751)=,76$ ;  $p<0,467$ ).

## CONCLUSIONS

Un dels efectes indirectes o en cascada més notables de la pressió humana (excesiva) sobre els depredadors de molts ecosistemes, tant terrestres

com aquàtics, és el desenvolupament desmesurat d'algunes poblacions d'herbívors; els herbívors, lliures de control, poden produir severos episodis de sobre-pastura que, en reduir excessivament la cobertura vegetal necessària per a moltes altres espècies (com recurs tròfic i refugi), de retruc porten a un empobriment de la biodiversitat global del sistema. Aquest efecte ha estat posat en evidència amb els ungulats domèstics (p.e. cabres), amb els grans herbívors de la savana africana (p.e. elefants), però també en els sistemes litorals tropicals amb els equinoderms que mengen coralls (p.e. estrelles i garotes).

Un tema de recerca d'interés evident per a la gestió del patrimoni natural és avaluar fins quin punt la restauració dins els espais protegits de les poblacions de depredadors a les seves densitats "naturals" és capaç d'evitar o, en el seu cas de rectificar, una situació aguda de sobre-pastura i les seves conseqüències empobridores per la biodiversitat de l'espai.

És un fet ben establert que les garotes *Paracentrotus lividus*, els principals herbívors dels litorals rocosos mediterrànics, són capaces de canviar substancialment el paisatge vegetal per sobre-pastura (fins a produir els anomenats "jardins d'oursins" (Verlaque, 1987). Com també sembla ben demostrat que alguns peixos litorals, bàsicament espàrids (sargs *Diplodus sargus* i *D. vulgaris*, orades *Sparus aurata*) i làbrids (julivia *Coris julis*), consumeixen quantitats substancials d'aquestes garotes (Sala, 1996). El que no està ben establert encara a la Mediterrània, tot i haver estat suggerit (Sala, 1996) i provat en alguns mars tropicals (McClanahan & Muthiga, 1989), és la capacitat efectiva de la ictiofauna d'exercir un control real de les poblacions de garotes.

Front el poder regulador de la depredació (en aquest cas per part dels peixos) es troba el poder desestabilitzador (dinamitzador) del reclutament, que consisteix en l'adició de nous individus juvenils a les poblacions bentòniques des del plancton. Com les larves planctòniques poden ser desplaçades llargues distàncies pels corrents, el reclutament anual pot ser llargament independent de la mida de la població local de reproductors. Això portaria a les poblacions a un estat molt allunyat dels clàssics models d'equilibri (Lotka i Volterra en Margalef, 1974). Començem a tenir evidències que el reclutament de *Paracentrotus lividus* és un procés enormement fluctuant entre anys i entre llocs (Lozano et al., 1995); i que pot assolir màxims tan elevats (hom ha detectat més de 3000 reclutes per  $m^2$ ; Sala, 1996) com



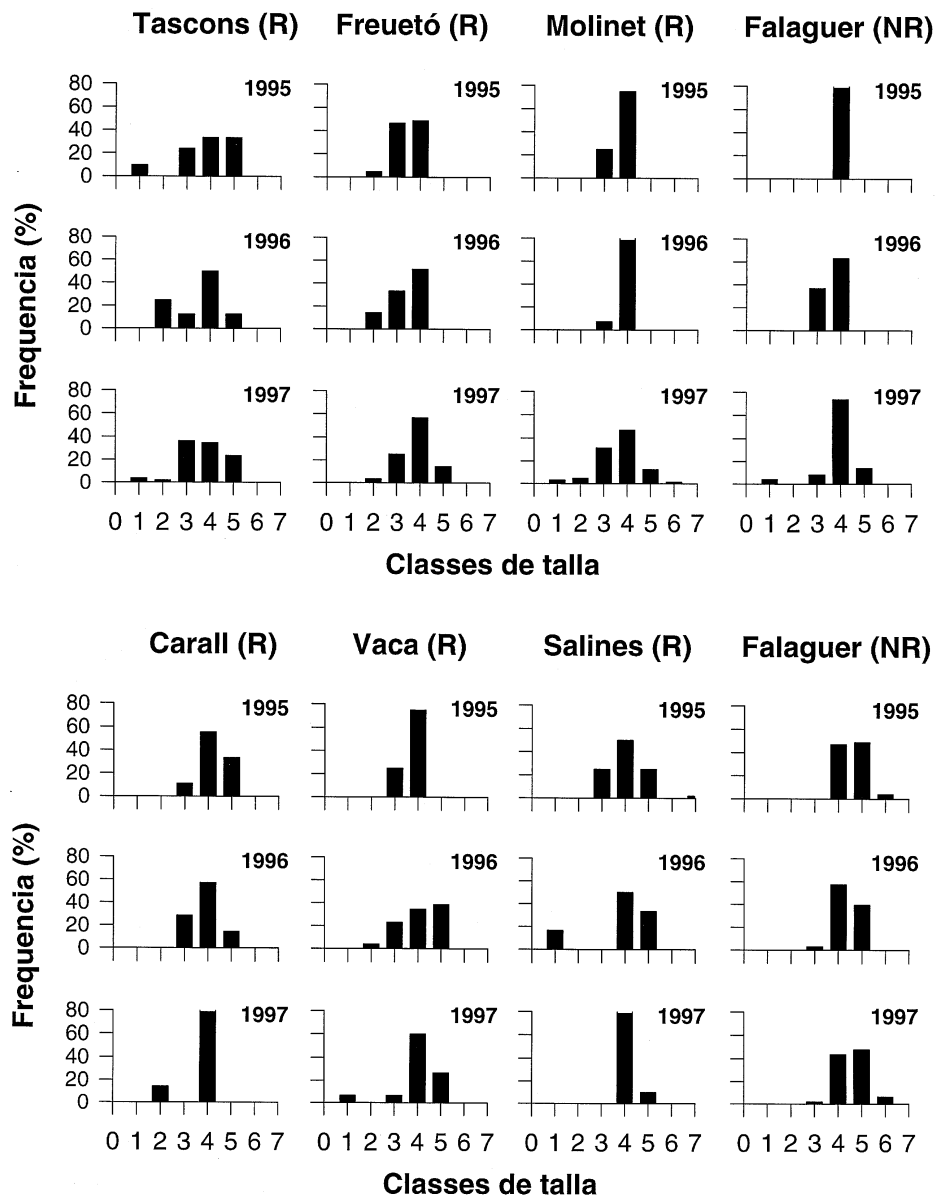


Figura 8. Garota negra (*Arbacia lixula*). Segiment 1995-1997. Histogrames de les classes de talla de cada estació al llarg de tots els anys de seguiment

per transformar completament l'estructura demogràfica d'una població.

En el conflicte sobre quin dels dos processos resulta dominant, la capacitat reguladora de la depredació o la capacitat desestabilitzadora del reclutament, un tercer factor pot tenir una importància definitiva: la topografia. Com demostren les experiències de preferències dietàries amb palangres (Sala, 1996), les fases crítiques per a la depredació de *Paracentrotus lividus* per part dels peixos són les etapes juvenils, des dels post-reclutes de tan sols uns mil·límetres de diàmetre fins a la talla d'uns 3 cm de diàmetre (Sala, 1996). Quan aquests exemplars són exposats damunt roques de superfície llisa la majoria són

consumits abans de 3 dies; però en presència d'esclerxes i blocs de mida adequada per servir-ne de refugi, sembla que bona part d'aquestes garotes són capaces d'escapar de la depredació.

Així que, perfilant la qüestió, el que interessa discutir aquí no és la possible capacitat reguladora dels peixos depredadors sobre les poblacions de *Paracentrotus lividus*, que potencialment sembla indiscutible, sino la seva capacitat real en ambients on el reclutament és important i la rugositat adequada a la supervivència dels juvenils. En concret, es tracta d'avaluar fins quin punt a les Reserves Marines, on l'efecte depredador dels peixos pot trobar la seva màxima expressió, les poblacions de peixos són capaces d'anular

de forma efectiva l'efecte contrari del reclutament en presència de fons rugosos.

La hipòtesi d'un control efectiu de les poblacions de garotes per part dels peixos dins les Reserves Marines, la podem desglosar en quatre prediccions que resulten fàcilment testables quan es comparen les densitats i l'estructura de talles de poblacions situades dintre i fora de la Reserva. Si l'hipòtesi és correcta hom espera trobar dins la Reserva:

1) valors de densitat significativament més baixos,

2) un percentatge més important de les classes "refugi" ( $\Delta > 4$  cm), que ha de reflectir-se en una talla mitjana superior per al conjunt de la mostra

3) una evolució temporal menys fluctuant, que ha de reflectir-se en una variança més petita de les mitjanes anuals. Aquesta predicció pot testar-se per les densitats i les talles mesurades durant l'interval 1991-97.

4) una més gran diferència entre les talles mitjanes de les poblacions dels fons de blocs (refugi) i de parets (no refugis), que en les poblacions de fons equivalents de fora de la Reserva.

Suposem que els peixos poden depredar sobre les garotes amb més facilitat a les parets verticals, llises i sense refugis, que als fons de blocs sota els que aquestes poden trobar el seu refugi diurn. Sabem que a partir de 4 cm de diàmetre les garotes escapen de la part més important de la depredació dels peixos gràcies a la seva talla (Sala, 1996). En conseqüència, si la pressió dels peixos és forta, a les parets on els refugis són escadusers han de predominar les talles grosses, mentre que als blocs la presència de refugis permet subsistir als individus de talles petites. És a dir que una elevada pressió dels peixos ha de maximitzar la diferència en la talla mitjana entre les poblacions dels dos ambients, mentre que si la densitat de peixos és feble totes les talles poden viure als dos ambients i la diferència de la talla mitjana entre ambients ha de fer-se mínima.

A més, el sector de costa comprés entre el Molinet i Punta Salines, nominalment protegit des de 1990, ha evolucionat en aquests 8 anys, des d'una situació de no protecció similar a la de la resta de la costa fins a una situació de Reserva que, per la seva "joventut" i per un grau de vigilància més laxa podem considerar de grau mig entre el de les Medes i la costa no protegida. La densitat de peixos en aquest sector ha augmentat significativament (veure la memòria de

peixos de 1995 i 1997; Garcia-Rubiés i Zabala) de forma que l'evolució de les densitats i talles de les garotes constitueix un experiment no controlat de l'efecte de la depredació dels peixos. Si aquest efecte fos significatiu, hom podria preveure una evolució temporal a les estacions del Molinet i Pta. Salines en el sentit de :

5) un decrement de la densitat ,

6) un augment de la talla mitjana, i

7) un augment de la diferència entre les talles mitjanes dels fons de blocs (Molinet) i paret (Pta. Salines).

Alternativament, si l'efecte del reclutament fos més important que el degut a la mortalitat induïda pels peixos, cap de les anteriors prediccions tindria per que acomplir-se.

A la llum de les dades recollides durant el període de 8 anys comprés entre 1991 i 1997 revisem el grau d'acompliment d'aquestes prediccions.

#### **Densitats significativament més baixes a la Reserva.**

Les densitats varen ser significativament més baixes dins la Reserva que fora de la Reserva entre 1991 i 1994 (ambdós inclosos), però les diferències es varen anar dil·luïnt a partir de 1995 fins anul·lar-se quasi totalment els anys 1996 i 1997 (Fig. 3). Les diferències semblaven més consistentes a les parets verticals, però la inclusió de la paret de la Cova de la Vaca (Reserva), amb densitats molt superiors a les del Carall Bernat, l'altra paret de la Reserva, i més elevades que les del Falaguer ( fora de la Reserva) posa en evidència que les diferències poden ser degudes a fenòmens locals i a factors que escapen a la nostra anàlisi, com la micro-rugositat de la paret o la fondària del peu de la paret que pot condicionar la capacitat de recolonització per migració dels adults. Tanmateix, si hom observa l'estructura de talles de la població de la Vaca, jove i marcadament bimodal, resulta evident que les densitats actuals provenen d'algun episodi recent de fort reclutament.

#### **Talles mitjanes significativament més grans**

La predicció de que les talles mitjanes han de ser més grans dins la reserva, on les garotes poden trobar un refugi en la talla contra els depredadors (peixos), no s'acompleix de forma consistent ni als fons de blocs ni a les parets verticals. El diàmetre mig de les garotes era significativament superior dins la Reserva que fora de la Reserva als fons de blocs entre 1991 i 1993, i al 1992 als fons de

paret. Però en 1994, amb l'incorporació de la paret de la Vaca al seguiment, es va invertir la tendència i en els anys posteriors les talles mitjanes són similars o superiors fora de la Reserva (Fig. 4).

### **Evolució temporal menys fluctuant**

La única estació de la Reserva que sembla acomplir la predicció d'una evolució temporal poc fluctuant de les poblacions de garotes és la del Carall Bernat. És aquesta una estació que, pel seu perfil o potser per la dificultat de ser recolonitzada per les garotes que puguin desprendre's'n durant els temporals, ha mostrat de sempre densitats extremadament baixes. Pel que fa a les demés estacions, tant de fons de blocs com de parets, i tant pel que fa a la densitat com a la talla mitjana, la variança de les mitjanes anuals no permet distinguir les poblacions de la Reserva a les Medes, de les de la Reserva recent a la costa, de les de fora de la Reserva (Fig.3).

### **Més gran diferència entre la talla mitjana dels fons de blocs i els fons de paret.**

Durant els anys 1991-93 la predicció sembla acomplir-se als parells d'estacions de la Reserva, Carall Bernat (paret)- Tascons (blocs), on les diferències són molt superiors a les observades al parell Pta. Salines (paret) - Molinet (blocs) i al parell Falaguer (paret)-Falaguer (blocs). Però aquestes diferències s'esmoreeixen i arriben a invertir-se a mida que passen els anys, de forma que en 1997 la talla mitjana de les garotes de les parets només és superior a la de les poblacions de blocs fora de la Reserva i a la Reserva "recent". A les Medes, on la pressió depredadora dels peixos és màxima, la distribució de les talles mitjanes és inversa a la predicció.

### **Tendència temporal al decrement de la densitat a la Reserva "recent"**

No es veu una tendència clara en les densitats. A l'estació de Pta. Salines la densitat va decreixer, com previst, entre els anys 1991 i 1994, però va augmentar entre 1995 i 1997 fins a recuperar quasi un 30 % de la densitat perduda. A l'estació del Molinet, les densitats es varen medir l'any 1991 i després en l'interval de 1995 a 1997. El valor de 1995 era superior al de 1991 però després va decreixer entre 1995 i 1996 per tornar a augmentar en 1997 fins a valors propers als de 1991.

### **Tendència temporal a l'increment de la talla mitjana**

Tampoc es veu una tendència clara en les talles mitjanes. A l'estació de la Pta. Salines la talla mitjana decreix de 1991 a 1992; creix, com previst però imperceptiblement, entre 1992 i 1996, però torna a baixar en 1997 per assolir valors molt propers als de 1991. A l'estació del Molinet, les talles mitjanes dels darrers anys (1995-97) són sensiblement inferiors a la talla mitjana de 1991.

Aquests resultats poden haver quedat enfosquits per la pressió de recol·lecció humana que selecciona les talles més grosses. Tanmateix, la pressió d'extracció de garotes en aquesta zona nominalment protegida, si ha existit, no sembla suficient per justificar les diferències.

### **Tendència temporal a l'augment de les diferències en les talles mitjanes dels fons de paret i blocs**

L'absència de dades dels fons de blocs del Molinet entre els anys 1992 i 1994 no permet comparar més dades que la referència de 1991 amb les dades dels anys 1995-97. En aquest cas si que sembla observar-se la tendència esperada i les diferències augmenten a favor dels fons de paret. Però cal recordar que una tendència semblant ha estat observada a la costa immediata exenta de protecció, on les poblacions de peixos no han patit una recuperació quan no han mostrat una clara regressió.

En definitiva, no sembla acomplir-se cap de les prediccions fetes sota la premisa d'un eficaç control dels peixos sobre les poblacions de garotes. Al contrari, una simple ullada a l'evolució conjunta de la densitat i la talla mitjana de les poblacions d'algunes estacions de la Reserva de les Medes (p.e. La Vaca) permet concloure que no sols han existit episodis de fort reclutament, sino que els seus efectes es detecten sobre les classes diamètriques de 1-2 cm, que previsiblement han sobreviscut durant més d'un any assentades en aquelles localitats a la pressió dels peixos. Aquests episodis de reclutament són capaços de trastocar les distribucions de densitat i l'estructura de talles de totes les poblacions, sense que en aquest aspecte es pugui detectar un efecte diferencial de la Reserva.

En conseqüència, la conclusió més clara d'aquesta monitorització apuntaria a que els peixos, ni tan sols quan es troben en densitats idealment

elevades com a la Reserva de les Illes Medes, són capaços de controlar a curt-mig termini els pulsos demogràfics deguts a la variabilitat del reclutament, quan aquest és abundant i el substrat ofereix la rugositat adequada per servir de refugi.

Les densitats de *A. lixula* son de un ordre de magnitud inferior a les de *P. lividus*. Malgrat això es comporten de una forma similar. Aquest fet podria estar donat també per l'efecte dels depredadors (en els fons de blocs la disponibilitat de refugis es superior a la de les parets verticals), encara que creiem que no és tant important com en *P. lividus*.

Un fet que es constata en aquest estudi, i que pot ser important de cares al futur, es l'augment en les densitats de les poblacions d'aquesta espècie que s'ha donat des de 1995 en fons de blocs. Aquest augment podria estar causat per variacions temporals a llarg termini de les poblacions d'*A. lixula*. Aquesta, sembla que es una espècie de dinàmica més lenta que no es reproduïx cada any, tal com es pot deduir en l'anàlisi de l'estructura de talles, on les classes de talla petita son pràcticament inexistent, i en canvi hi ha una gran dominància de unes poques classes grans. Degut a aquesta baixa freqüència de reclutes en les poblacions, en els anys següents de un relutament es podrien donar canvis significatius en les densitats i les talles de les poblacions.

El fet que les poblacions d'*Arbacia lixula* puguin augmentar podria afectar a les poblacions de *P. lividus*, amb les que, encara que no s'hagi descrit que competeixin tròficament, si que ho poden fer per l'espai que ocupen (refugis).

El fet que en la zona protegida hi haguï hagut un canvi més gran faria pensar que l'efecte reserva podria ser significatiu sobre les poblacions d'*A. lixula*, encara que no es podrà determinar fins a tenir una sèrie més llarga o es facin estudis experimentals.

## BIBLIOGRAFIA

- Frantzis, A., Berthon, J.F., & Maggiore, F. 1988. Relations trophiques entre les oursins *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* (Echinoidea Regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Sci Rep Port-Cros Nat Park*, 14, 81-140.
- Harmelin, J.G., Bouchon, C., & Hong, J.S. 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée nord-occidentale). *Téthys*, 10, 13-36.
- Harmelin, J.G., Bouchon, C., Duval, C., & Hong, J.S. 1980. Les échinodermes des substrats durs de l'île de Port-Cros, Parc National (Méditerranée Nord-Occidentale). Eléments pour un inventaire quantitatif. *Trav Sci Parc Nat Port-Cros*, 25-38.
- Hay, M.E. 1991. Fish-seaweed interaction on coral reef: effect of herbivorous fishes and adaptations of their prey. In Sale P.F. (Ed.), *The Ecology of Fishes on Coral Reef*. (pp. 96-119). San Diego, California, U.S.A: Academic Press.
- Kempf, M. 1962. Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). *Rev Trav Stn Mar Endoume*, 25, 47-116.
- Lawrence, J.M. 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev*, 213-286.
- Le Direach, J-P, Charbonnel, E., & Marchadour, M. 1987. Le probleme de l'évaluation des stocks chez *Paracentrotus lividus* (Lmk): exemple d'une campagne de denombrement autour de l'archipel du frioul (Marseille, France). Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, C.F. Bouderesque edit., GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 199-220.
- Lozano, J., J. Galera, S. López, X. Turón, C. Palacín & G. Morera, 1995. Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar Ecol Progr Ser*, 122: 179-191.
- Lubchenco, J., & Gaines, S.D. 1981. A unified approach to marine plant-herbivore interactions. I. Populations and communities. *Annu Rev Ecol Syst*, 12, 405-437.
- McClanahan, T.R., & Shafir, S.H. 1990. Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reef lagoons. *Oecologia*, 83, 362-370.
- McClanahan, T.R., & Muthiga, N.A. 1989. Patterns of predation on a sea urchin, *Echinometra mathaei* (de Blainville), on Kenyan coral reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 126, 77-94.
- Paine, R.T. 1966. Food web complexity and species diversity. *Am Nat*, 100, 65-75.
- Sala, E. 1996. The role of fishes in the organization of a Mediterranean subtidal community. Univ. de la Méditerranée-Aix-en-Provence-Marseille II, France.
- 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.
- Tegner, M.J., & Dayton, P.K. 1981. Population structure, recruitment and mortality of two sea

- urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in a kelp forest near St. Diego, California. *Mar Ecol Progr Ser*, 5, 255-268.
- Verlaque, M. & C.F. Boudouresque. Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. Marseille, France: GIS Posidonie Pub. 5p. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles.
- Verlaque, M., & Nedelec, H. 1983. Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur un substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France): alimentation des adultes. *Vie Milieu*, 33, 191-201.
- Vukovic, A. 1982. Florofaunistic changes in the infralittoral zone after *Paracentrotus lividus* (L.) population exploitation. *Acta Adriat*, 23, 237-241.