

Efectes de la prohibició de la pesca esportiva sobre l'estructura poblacional de l'anfós (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834. Pisces, Serranidae) en el Parc Nacional de Cabrera

Josep COLL, Antoni GARCIA-RUBIES, Joan MORANTA, Sergio STEFANNI i Beatriz MORALES-NIN

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

Coll, J., Garcia-Rubies, A., Moranta, J., Stefanni, S. i Morales-Nin, B. 1999. Efectes de la prohibició de la pesca esportiva sobre l'estructura poblacional de l'anfós (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834. Pisces, Serranidae) en el Parc Nacional de Cabrera. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 42: 125-138. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

L'objectiu d'aquest estudi ha estat mesurar les variacions en l'estructura poblacional d'*Epinephelus marginatus* al Parc Nacional de Cabrera, després de la prohibició de les activitats pesqueres recreatives el 1991. Els mostretjos es van desenvolupar mitjançant censos visuals a dues fondàries (5-10 i 20-25 m) dins l'àrea protegida i a la localitat de Calvià, SW de Mallorca, on la pesca no està prohibida, en els estius de 1993 i 1994. A l'estiu de 1995 es van tornar mostretjar els llocs superficials. Les comparacions per a la densitat de peixos als llocs superficials resultaren en unes mitjanes significativament superiors a Cabrera. Les variacions relatives a la fondària s'observaren només a Calvià, on els llocs pregons van tenir sempre densitats mitjanes superiors. L'estructura poblacional va mostrar una distribució de freqüències de talla més ample a Cabrera, on els anfosos grossos van ser sempre més abundants, la qual cosa repercutí en la biomassa mitjana, que fou significativament superior respecte Calvià a qualsevol fondària. Durant el 1995 no es va censar cap individu d'*E. marginatus* a Calvià. Per contra, dins el Parc Nacional la densitat mitjana va romandre constant des de 1993 fins 1995, mentre que la distribució de freqüències de talla es va desplaçar cap a classes de talla més grosses, resultant en un increment significatiu de la biomassa mitjana. El conjunt d'aquests resultats mostra un increment de la supervivència dels anfosos recent assentats dins l'àrea marina protegida, principalment a poca fondària, i revelen l'anomenat "efecte refugi" de la reserva marina per a individus grans amb una edat superior al propi estatus de protecció.

Paraules clau: àrees marines protegides, *Epinephelus marginatus*, pesca esportiva.

SPORT-FISHING PROHIBITION EFFECTS ON THE POPULATION STRUCTURE OF *EPINEPHELUS MARGINATUS* (LOWE, 1834) (PISCES, SERRANIDAE) IN THE CABRERA ARCHIPELAGO NATIONAL PARK (MALLORCA, W. MEDITERRANEAN). The aim of this study is to assess variations in population structure of *Epinephelus marginatus* in the National

Park of Cabrera, after prohibition of sport fishing activities since 1991. Visual census surveys were carried out at two depths (5-10 m and 20-25 m) during summers 1993 and 1994 inside the protected area and in the near locality Calvià, SW Mallorca, where fishing is not prohibited. Data for the shallow sites were also collected in summer 1995. Comparisons of fish density at shallow sites between either areas showed significant higher means for Cabrera. Variations related to depth were only observed in Calvià, where deep sites had always greater mean densities. The population structure showed a wider size frequency distribution in Cabrera where large groupers were always more abundant and consequently, mean biomass was significantly greater than in Calvià at any depth. During 1995 *E. marginatus* was absent in Calvià. In contrast, inside the National Park the mean density remained constant from 1993 to 1995 while the size frequency distribution displaced towards larger size classes resulting in a significant increase of mean biomass. Results show an increased survivorship of newly settled groupers inside the protected area mainly at shallow depths and they reveal the so-called "refuge effect" of the marine reserve for large individuals which can be older than the protection status itself.

Keywords: *marine protected areas, Epinephelus marginatus, sport-fishing.*

Josep COLL, Joan MORANTA, Beatriz MORALES-NIN, CSIC-UIB. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats. Campus Universitari, 07071 Palma de Mallorca, Spain; Antoni GARCIA-RUBIES, CSIC-Centre d'Estudis Avançats de Blanes, Camí de Sta. Bàrbara, s/n 17300 Blanes, Spain; Sergio STEFANNI, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, BS8 1UG Bristol, U.K.

Recepció del manuscrit: 5-oct-99; revisió acceptada: 15-des-99.

Introducció

La creació del Parc Nacional de Cabrera a l'abril de 1991 suposà la prohibició de la pesca esportiva i la de ròssec, mitjançant un pla provisional de gestió (B.O.E., 103, 30-IV-91 i B.O.E., 195, 15-VIII-91). Les aigües litorals de Cabrera, havien estat tradicionalment un lloc de pesca cobdiciat pel sector esportiu i professional. Els efectes de la intensitat pesquera que es realitzava a Cabrera, prèviament a la declaració del Parc, es van posar de manifest a l'informe del CSIC (Camp *et al.*, 1986), i a l'estudi de Garcia-Rubies (1993), on es va fer palès l'escassetat de certes espècies de peixos vulnerables.

Amb l'objecte de mesurar els canvis que podien produir-se a les comunitats de peixos litorals després de la declaració del Parc, es van desenvolupar diversos projectes de seguiment a l'interior i a l'exterior del Parc (costa de Calvià) els anys 1993, 1994 i

1995. Aquests seguiments es centraren, per una banda, sobre espècies d'interès pesquer (Coll *et al.*, 1995; Moranta *et al.*, 1995) i, per altra, sobre el conjunt de la comunitat de peixos (Moranta *et al.*, 1997; Reñones *et al.*, 1997).

Estudis poblacionals desenvolupats a altres àrees marines protegides havien demostrat que els serrànids i, especialment, les diferents espècies d'anfósos, eren molt bons indicadors del grau d'explotació a un lloc determinat (Goeden, 1979; Craick, 1981; Bohnsack, 1987; Polunin i Roberts, 1993; Russ i Alcalà, 1996). L'anfós, *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834), és l'espècie més comuna dins el conjunt de grans serrànids a la mar Mediterrània. El seu alt valor gastronòmic i comercial han determinat que històricament fora una espècie emblemàtica per al pescador litoral i, per tant, amb molta

pressió d'explotació; si bé l'expansió de la pesca submarina a partir dels anys 50 suposà un medi d'extracció molt més efectiu que el que produïen les arts de pesca tradicionals.

Les característiques biològiques de l'anfós, amb una baixa taxa de creixement, elevada edat de maduresa sexual i llarga vida (Bouain i Siau, 1991; Chauvet, 1988; 1991), conjuntament a condicionants biogeogràfics i etològiques en la seva reproducció, accentuaren la minva de les poblacions a la bassa nord-occidental de la Mediterrània (Zabala et al., 1997). A les Balears, on aquesta espècie mostra un reclutament regular, i és prou comuna a les comunitats de peixos sotmeses a explotació (Moranta et al., 1997), la pressió pesquera s'ha reflectit en la manca

d'individus adults (Garcia-Rubies, 1993; Coll et al., 1995).

En el present estudi es pretén demostrar la importància de la prohibició de la pesca esportiva, i especialment la pesca submarina, en la recuperació de la població d'anfosos a l'Arxipèlag de Cabrera. Els objectius concrets han estat mesurar les diferències de densitat, distribucions de talles i biomasses entre l'àrea protegida i una zona control oberta a la pesca, així com les diferències entre fondàries i anys de protecció, mesures que han estat importants en la determinació de l'"efecte reserva" a altres indrets (Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Harmelin et al., 1995; Wantiez et al., 1997).

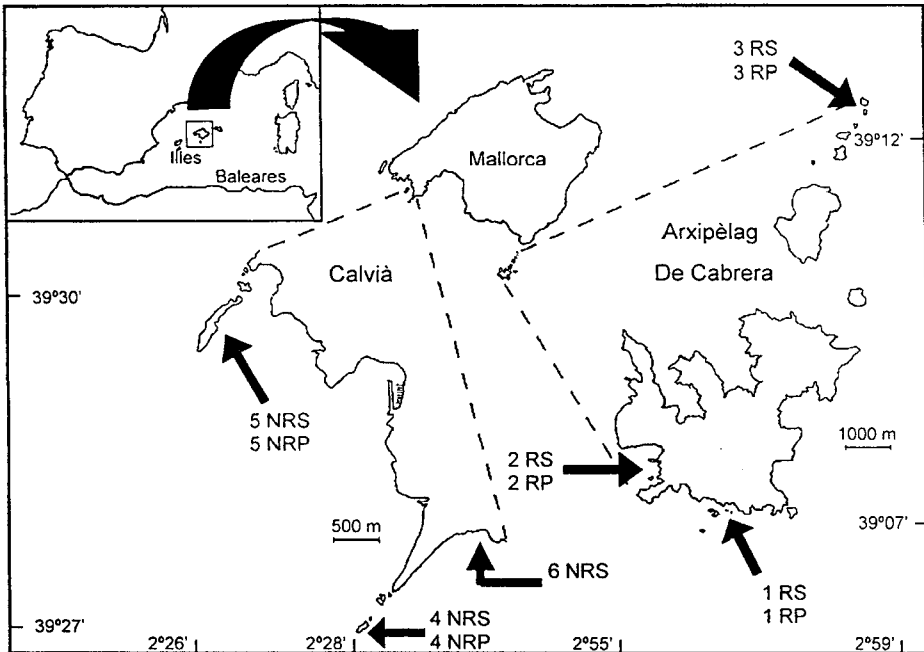


Fig. 1. Situació de l'Arxipèlag de Cabrera i de la Costa de Calvià al sud de l'illa de Mallorca, Mediterrània Occidental. Localització dels llocs de mostreig.

Fig. 1. Situation of the Cabrera Archipelago and Calvià Coast in the south of Majorca. Situation of the sampling sites.

Material i mètodes

Els censos d'*E. marginatus* es van desenvolupar mitjançant la tècnica dels recomptes visuals en escafandre autònom (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985) dins el Parc Nacional de Cabrera i a una zona control situada a la Costa de Calvià (SW de Mallorca) en els mesos de juliol i agost de 1993, 1994 i 1995.

Les àrees d'estudi i llurs característiques ambientals

L'Arxipèlag de Cabrera està situat a 10 milles al sud del cap més meridional de Mallorca (Fig. 1), allunyat de nuclis urbans, per la qual cosa es tracta d'una de les àrees que es troben en millor estat de conservació de les Balears. Malgrat el bon estat de conservació de moltes comunitats bentòniques marines, l'esforç de pesca esportiva i professional era molt intens prèviament a la declaració del Parc (Garcia-Rubies, 1993).

A l'abril de 1991, com a conseqüència d'un Pla de Gestió Provisional, es prohibí la pesca d'arrossegament i la pesca esportiva a Cabrera, mentre que la flota d'arts menors continuà la seva activitat a tot el Parc. Aquest Pla provisional va estar en vigor fins a l'estiu de 1995, quan es crearen sis àrees de reserva integral. Així, entre l'any 1991 i el mostreig de 1995, les àrees estudiades a Cabrera van estar sotmeses a la pressió de la pesca d'arts menors, especialment amb ormetjos com el tresmall, la xarxa prima, els palangres i les morunes.

La costa de Calvià és una de les més urbanitzades de Mallorca, amb diversos ports esportius al seu litoral. No obstant això, les zones de l'Illa des Malgrat i l'Illa del Toro-Cala de s'Art (Fig. 1), triades per a l'estudi, són de les que es troben en millor estat de conservació (Reviriego *et al.*, 1996). Aquestes zones estan obertes a la pesca professional i esportiva. La pesca submarina, el volantí, la canya des de terra, el curricà, el tresmall i la

moruna són les modalitats de pesca més comuns.

Tant a Cabrera com a Calvià es triaren llocs de mostreig amb fons de roca, de tal manera que foren el més semblants possible. Donada l'alta heterogeneïtat de condicions que es donen en els fons rocosos mediterranis, es va fer un esforç important en controlar tots els factors que directa o indirectament podien afectar la densitat dels anfòs i, per tant, que s'haurien de tenir en compte en el tractament de les dades.

Així, es van triar llocs a la mateixa fondària dins i fora del Parc. A l'estiu de 1993 s'estudiaren a Cabrera tres llocs superficials, entre 5 i 10 metres: 1RS, 2RS, 3RS i tres llocs profunds, entre 20 i 25 m: 1RP, 2RP, 3RP (Fig. 1). Dos dels llocs superficials, els 2RS i 3RS, foren estudiats de nou al 1995. A Calvià, dos llocs superficials (5-10 m): 4NRS i 5NRS, i dos profunds (20-25 m): 4NRP i 5NRP s'estudiaren al 1994. Els llocs 4NRS, 5NRS i un nou lloc, 6NRS, van ser censats també a l'any 1995 (Fig. 1).

A cada lloc s'estudià l'heterogeneïtat del fons mitjançant l'índex quantitatiu SR, que mesura la rugositat del substrat (Luckhurst i Luckhurst, 1978), i que està molt correlacionat amb el relleu vertical del fons i amb l'existència de caus, un dels requisits principals en l'hàbitat de l'anfòs. Donada l'extensió dels diferents llocs es van prendre entre 10 i 20 mesures a cadascun. A més, es mesuraren variables com el recobriment i alçada de les algues, i l'hidrodinamisme, totes elles susceptibles d'afectar la presència i densitat de determinades espècies de peixos i invertebrats i, per tant, la d'un depredador que es situa a d'alt de la xarxa tròfica com és l'anfòs.

El recobriment algal va ser estudiat a cada lloc mitjançant 30-40 rèpliques aleatòries d'un quadre de 25 per 25 cm (Ballesteros, com. pers.). A cada rèplica es mesurà l'alçada de l'espècie algal amb més cobertura.

L'hidrodinamisme es mesurà a cada lloc amb l'estudi de les taxes de dissolució de bolles de guix (CaSO_4) (Muus, 1968). Les

mesures es van realitzar amb tres rèpliques en dies diferents amb condicions de mar comparables, amb l'objectiu de mesurar el component d'hidrodinamisme independent de l'estat de la mar, és a dir, depenent de les corrents locals.

Quantificació del nombre de peixos i de les talles

Els censos es van desenvolupar per parelles de bussejadors sobre transectes fixos (100-210 m de llarg per 10 m d'ample), entre les 10:00 i les 14:00 hores solars. Un dels bussejadors anotava el nombre i la talla de tots els anfòs que es movien sobre el fons mentre que l'altre examinava tots els caus amb una llanterna. Donada la important variació diària en el nombre de peixos, cada transecte va ser censat entre cinc i vuit dies diferents, amb condicions meteorològiques similars. D'aquesta manera s'obtenien una sèrie de mesures replicades que servien per a estimar diferents paràmetres poblacionals.

Tots els bussejadors havien estat entrenats en l'estima de talles utilitzant el mètode proposat per Bell *et al.* (1985). Finalment, la distribució de talles s'estudià amb classes de talla de 4 cm per peixos compresos entre 2 i 44 cm i classes de 10 cm per a peixos més grossos.

Anàlisi de les dades

La similitud ambiental entre els diferents llocs es va analitzar mitjançant una anàlisi discriminant, incloent inicialment totes les variables ambientals dins el model, per anar traient després, una a una, totes aquelles que no explicaven la discriminació dels grups. El model de discriminació es va fer prenent les variables ambientals mesurades com a variables independents i els grups formats pels llocs estudiats a Cabrera i a Calvià (protegit vs no protegit) com a variables dependents.

Les dades d'abundància de peixos es van homogeneïtzar a 1000 m² amb l'objecte de calcular la densitat a cada cens. A cada lloc i a cada àrea d'estudi es determinà la densitat mitjana i el seu error estàndard com a mesura de precisió, el coeficient de variació, com a mesura de la variació diària en la densitat, la freqüència d'aparició de l'espècie en el conjunt de censos, i el nombre mínim i màxim d'individus censats. La biomassa mitjana per transecte es va calcular a partir de les dades de densitat i a partir de les relacions talla: pes donades per Chalabi *et al.* (1992), multiplicant el pes de cada marca de classe per la seva densitat.

L'objectiu inicial en l'estudi d'aquests paràmetres era contrastar la hipòtesi nul·la que no hi havia diferències significatives entre les dades de la primera campanya a l'àrea protegida de Cabrera, el 1993, i les de l'àrea oberta a la pesca de Calvià, el 1994. A més, i degut al baix nombre d'individus observats als llocs superficials de Calvià, i a les característiques ambientals del lloc 4NRS, es van tenir en compte les dades d'un nou lloc de mostreig superficial, el 6NRS, censat només a l'estiu de 1995. Amb això es suposava, implícitament al disseny, que el factor temporal a Calvià no hauria de produir variacions en el resultat del contrast d'hipòtesi, donat que el tipus de gestió no havia canviat durant dècades. Posteriorment, es pretenia estudiar, d'una forma preliminar, degut al curt lapse de temps transcorregut, l'evolució temporal a les estacions superficials recensades a Cabrera (1993 vs 1995) i els canvis que es podien donar, per causes alienes a la gestió, als llocs recensats de Calvià entre 1994 i 1995.

Dins cada àrea s'estudià l'efecte de la profunditat, comparant les mitjanes de densitat i biomassa del conjunt d'estacions superficials amb les del conjunt d'estacions pregones. Tant la comparació entre tipus de gestió (Cabrera vs Calvià) com entre fondàries (5-10 m vs 20-25 m) dintre de cada àrea, no tingué en compte les dades obtingudes en el segon cens de les estacions 4NRS, 5NRS, 2RS i 3RS el

1995. Es a dir, les variacions temporals s'estudiaren de forma independent a la resta de factors de variació.

Totes les comparacions, excepte la temporal, s'estudiaren mitjançant el test no paramètric de Mann-Whitney, degut a la falta de homogeneïtat de les variàncies, tant de les dades brutes com transformades segons diferents funcions logarítmiques. Aquests anàlisis d'homogeneïtat de les variàncies s'estudiaren mitjançant els test de Cochran i el test de Barlett Box (Underwood, 1981). Les dades temporals, que si compliren els requisits paramètrics, s'estudiaren mitjançant el test de la T-Student.

L'anàlisi de les talles es realitzà d'igual manera que els altres paràmetres, però mitjançant el test de Kolmogorov-Smirnov, especialment indicat quan es tracta de comparar distribucions de freqüències (Zar, 1984).

Resultats

Variació ambiental entre llocs

L'anàlisi discriminant demostrà que no es pot construir cap model que discrimini els llocs protegits de Cabrera dels de Calvià en funció de les variables ambientals mesurades (Taula 1). Aquests resultats ens indiquen, per una banda, que hi ha una homogeneïtat remarcable entre els llocs d'estudi triats a Cabrera i a Calvià, i que la variància entre aquestes dues àrees no és significativament superior a la que es dona dins cada àrea d'estudi. En funció d'aquesta variació *intra-àrea d'estudi* (Taula 2) s'eliminà el lloc d'estudi 4NRS, donat que era molt diferent de la resta per a una variable molt important en l'hàbitat de l'anfós, com n'és la rugositat.

Taula 1. Resum de l'anàlisi discriminant (*backward stepwise*) entre els llocs de l'àrea protegida de Cabrera i els llocs de l'àrea oberta a la pesca esportiva i professional de Calvià en funció de quatre variables ambientals: alçària de les algues, rugositat, hidrodinamisme i recobriment algal. A cada pas de l'anàlisi es mostra l'estadístic Lambda de Wilk i la F associada per al model, així com el valor de F per a cada variable extreta en darrer terme. El valor de p associat a cada valor de F disminueix a cada pas, a mesura que es treuen del model variables poc discriminants, encara que en cap cas aquesta p resulta significativa.

Table 1. Backward stepwise discriminant analysis summary among sites in the Cabrera protected area and those in the open sportive and professional fishing area of Calvià in relation to four environmental variables: algal high, rugosity, water motion and algal cover. At each analysis step Wilk's Lambda and associated F value for the model and the F value for the last removed variable are shown. The p value associated to each F value diminish at each step while non discriminant variables are removed of the model. These p values are not significant in any case.

Nombre del pas i variable extreta del model	Valor de Wilk's Lambda	Valor de F i p per al model	Valor de F i p per a la variable
Pas 0. Variables= 4	0,180	F= 0,824 p= 0,628	-
Pas 1. Alçària Variables= 3	0,268	F= 0,981 p= 0,499	F= 0,648 p= 0,616
Pas 2. Rugositat Variables= 2	0,385	F= 1,222 p= 0,359	F= 0,725 p= 0,573
Pas 3. Hidrodinamisme Variables= 1	0,614	F= 1,468 p= 0,303	F= 1,187 p= 0,381
Pas 4. Recobriment	1,000	F= 1,468 p= 0,294	F= 1,468 p= 0,294

Taula 2. Valor mitjà i error estàndard per a cadascuna de les variables ambientals mesurades als diferents llocs de Cabrera i Calvià. Hidrodinamisme ($g SO_4Ca \times h^{-1}$), recobriment algal (%), alçària de les algues (cm) i index de rugositat (segons Luckhurst i Luckhurst, 1978).

Table 2. Mean value and standar error for each one of the environmental variables measured at the differents sites in Cabrera and Calvià. Water motion ($g SO_4Ca \times h^{-1}$), algal cover (%), algal high (cm) and rugosity index (Luckhurst & Luckhurst, 1978).

	Hidrodinamisme	Rec. Algal	Alçària algal	Rugositat
1RS	0,18 ± 0,01	93,80 ± 1,91	12,30 ± 2,70	1,46 ± 0,08
2RS	0,28 ± 0,01	78,50 ± 3,8	7,80 ± 0,61	1,29 ± 0,12
3RS	0,37 ± 0,02	77,30 ± 3,20	3,50 ± 0,4	1,71 ± 0,11
4NRS	0,30 ± 0,02	93,02 ± 1,25	8,15 ± 0,6	1,00 ± 0,00
5NRS	0,25 ± 0,01	80,90 ± 4,1	6,50 ± 0,80	1,50 ± 0,08
6NRS	0,21 ± 0,00	86,60 ± 3,11	6,90 ± 0,70	1,70 ± 0,08
1RP	0,21 ± 0,01	96,80 ± 1,40	15,70 ± 1,3	1,76 ± 0,60
2RP	0,19 ± 0,00	96,80 ± 0,98	10,10 ± 1,36	1,37 ± 0,05
3RP	0,29 ± 0,00	89,4 ± 2,60	6,20 ± 1,20	1,53 ± 0,12
4NRP	0,19 ± 0,00	77,80 ± 5,10	8,10 ± 1,90	1,15 ± 0,02
5NRP	0,19 ± 0,01	90,8 ± 3,02	6,11 ± 1,91	1,50 ± 0,06

Efectes de la protecció i de la fondària entre Cabrera i Calvià

La densitat mitjana d'anfosos fou superior a Cabrera però només a aigües superficials on les diferències són de l'ordre de 6 a 1 (Fig. 2 i Taula 3). En fondària la densitat es situa entre dos i quatre individus per 1000 m² a cada zona, i no s'observaren diferències significatives.

La relació d'aquesta espècie amb la fondària fou inversa a cada àrea d'estudi. A Cabrera, les majors densitats s'observaren a 5-10 m ($Z = -2,51$; $p < 0,025$) mentre que a Calvià els anfosos foren més abundants a aigües pregones entre 20 i 25 m ($Z = -3,52$; $p < 0,01$). Els llocs amb major densitat mitjana d'anfosos, a cada àrea d'estudi, foren el 3RS a Cabrera i el 5NRP a Calvià, amb 7,2 i 2,8 anfosos per 1000 m² respectivament (Taula 3). Excepte el lloc 5NRP tots els llocs oberts a la pesca van mostrar coeficients de variació per a la densitat superiors als dels llocs protegits, fet degut a una major variació

diària en l'abundància, al comportament més desconfiat dels peixos en front del bussejador i a la freqüent activitat dels pescadors submarins dins la zona d'estudi.

La distribució de talles dels anfosos censats fou més ample a Cabrera, on s'observaren peixos amb talles compreses entre 11 i 120 cm mentre que a Calvià només s'observà un interval de 11-39 cm (Fig. 3). Als llocs superficials de Calvià el nombre d'anfosos fou molt baix ($N = 9$), fet que condicionà el resultat de la comparació, que no va donar diferències significatives malgrat les diferències gràfiques de les dues distribucions. En fondària els anfosos de mida gran s'observaren amb una freqüència molt superior dins les aigües protegides de Cabrera, donant una distribució significativament diferent a l'observada a Calvià (Fig. 3).

Pel que respecta a la biomassa, les mitjanes foren significativament superiors a Cabrera, tan en superfície, on la mitjana fou sis vegades superior, com en fondària, cinc vegades superior respecte Calvià (Fig. 4).

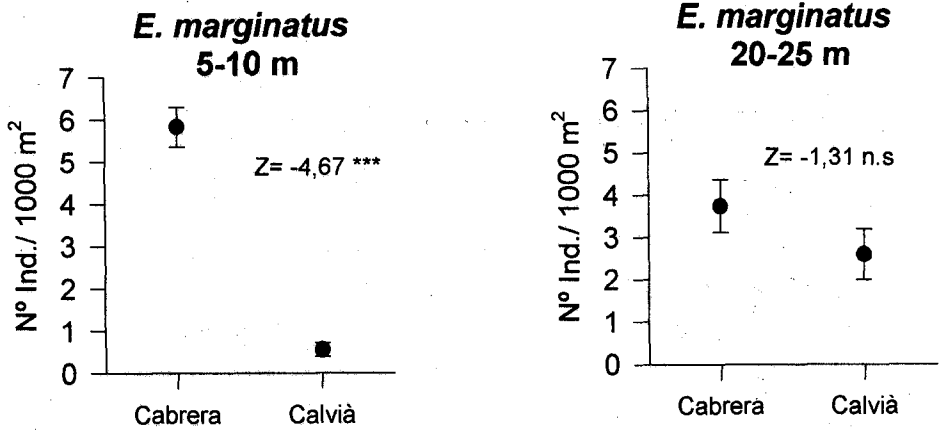


Fig. 2. Comparació de la densitat mitjana (\pm EE) d'*E. marginatus* entre el conjunt d'estacions de Cabrera i el conjunt d'estacions de Calvià a 5-10 i a 20-25 m. Test de Mann-Whitney (n.s.= no significatiu; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,025$; ***: $p < 0,01$).

Fig. 2. *E. marginatus* mean density (\pm SE) comparison between the assemblage of sites in Cabrera and the ones in Calvià at 5-10 and 20-25 m depth. Mann-Whitney test (n.s.= non significant; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,025$; ***: $p < 0,01$).

Taula 3. Densitat mitjana i error estàndard, nombre de censos (N), coeficient de variació (CV), freqüència d'aparició i número mínim i màxim d'individus d'*Epinephelus marginatus* observats dins una àrea de 1000 m² als llocs de mostreig de l'Arxipèlag de Cabrera i de la costa de Calvià. Els llocs que van ser recensats el 1995 apareixen en negreta

Table 3. Mean density and standar error of the mean, number of census (N), coeficient of variation (CV), sight frequency and minimum and maximum number of individulas for *E. marginatus* observed in an area of 1000 m² at sampling sites of Cabrera Archipelago and Calvià coast. Sites which were re-censused in 1995 are written down in bold.

Llocs	N	Mitjana \pm E.S	C.V.	Freqüència	Mínim	Màxim
1RS	6	6,2 \pm 0,4	17,0 %	100 %	5,0	8,1
1RP	6	3,6 \pm 0,4	27,8 %	100 %	2,4	4,9
2RS	8	4,2 \pm 0,6	35,4 %	100 %	2,3	6,9
2RP	6	0,9 \pm 0,2	53,3 %	83,3 %	0,0	1,7
3RS	6	7,2 \pm 1,0	33,9 %	100 %	5,0	10,0
3RP	6	6,2 \pm 0,8	32,1 %	100 %	3,1	8,2
4NRS	6	0,0 \pm 0,0	0,0 %	0,0 %	0,0	0,0
4NRP	6	2,4 \pm 0,5	47,3 %	100 %	0,7	8,5
5NRS	6	0,8 \pm 0,2	56,9 %	80 %	0,0	1,5
5NRP	6	2,8 \pm 0,3	24,3 %	100 %	1,1	3,3
2RS '95	6	4,2 \pm 0,4	24,3%	100%	2,8	5,6
3RS '95	5	7,5 \pm 0,7	22,3%	100%	5,0	9,2
4NRS '95	6	0,0 \pm 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5NRS '95	5	0,0 \pm 0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6NRS '95	6	0,2 \pm 0,1	155,0 %	33,3 %	0,0	0,6

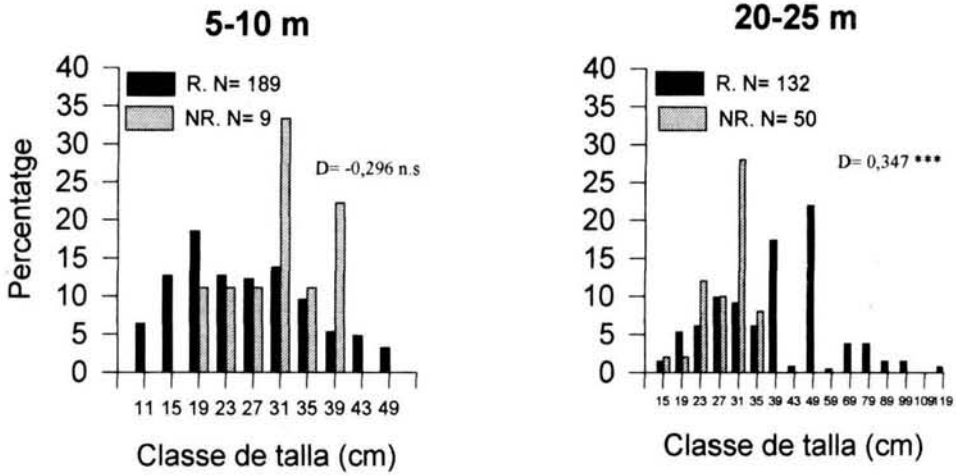


Fig. 3. Comparació de la freqüència de talles d'*E. marginatus* entre Cabrera i Calvià (agrupant els llocs de cada àrea a 5-10 i a 20-25 m). Test de Kolmogorov-Smirnov (n.s.= no significatiu; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,025$; ***: $p < 0,01$).

Fig. 3. *E. marginatus* size frequency comparison between Cabrera and Calvià (all sites per area pooled at 5-10 and 20-25 m). Kolmogorov-Smirnov test (n.s.= non significant; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,025$; ***: $p < 0,01$).

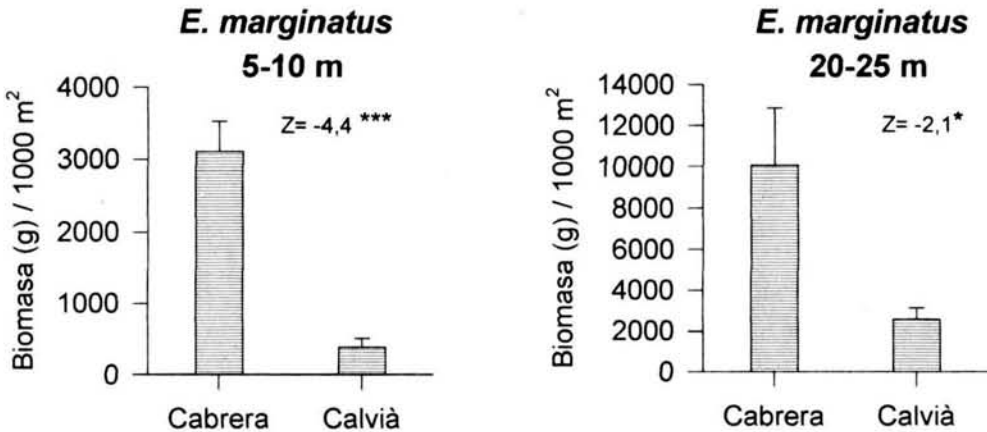


Fig. 4. Comparació de la biomassa mitjana (\pm EE) d'*E. marginatus* entre Cabrera i Calvià (agrupant les estacions de cada zona a 5-10 i a 20-25 m de profunditat) i resultats del test de Mann-Whitney (*: $p < 0,05$; *** $p < 0,001$).

Fig. 4. *E. marginatus* mean biomass (\pm SE) comparison between Cabrera and Calvià (all sites per area pooled at 5-10 and 20-25 m) and results of a Mann-Whitney test (*: $p < 0,05$; *** $p < 0,001$).

Efectes de la protecció en el temps

Els dos anys de protecció acumulats entre 1993 i 1995 no van produir diferències en la densitat mitjana d'anfòsols a Cabrera (Fig. 5), mentre que a Calvià no s'observà cap individu al 1995. No obstant això, l'efecte temporal de la protecció es va manifestar molt clarament en la distribució de talles a Cabrera, amb un increment de la talla modal, que passà de 13-16 cm a 34-38 cm en el lloc 2RS, i d'una distribució tri-modal, amb valors de 16-20, 28-32 i 32-36 cm a una moda de 45-54 cm al lloc 3RS al 1995 (Fig. 6).

Aquests canvis en la freqüència de talles provocaren increments significatius de la biomassa mitjana als dos llocs protegits, on els valors es van veure duplicats al 1995 (Fig. 7).

E. marginatus

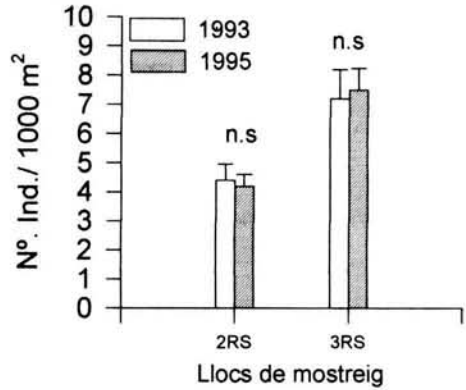
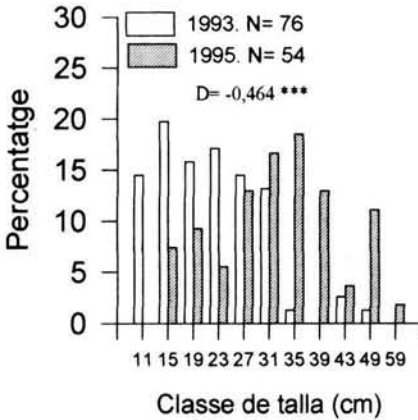


Fig. 5. Evolució de la densitat mitjana (\pm EE) d'*E. marginatus* entre 1993 i 1995 a les estacions superficials de l'Arxipèlag de Cabrera. Resultats del test de la t-Student (n.s.: no significatiu).

Fig. 5. *E. marginatus* mean density (\pm SE) evolution between 1993 and 1995 at shallow sites in the Cabrera Archipelago. T-Student test results (n.s.: non significant).

***E. marginatus*
2RS**



***E. marginatus*
3RS**

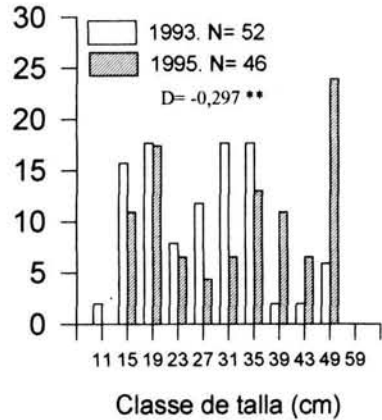


Fig. 6. Comparació de la freqüència de talles d'*E. marginatus* a les estacions superficials de l'Arxipèlag de Cabrera entre 1993 i 1995. Test de Kolmogorov-Smirnov (**: $p < 0,025$; ***: $p < 0,001$).

Fig. 6. *E. marginatus* size frequencies comparison at shallow sites in Cabrera Archipelago between 1993 and 1995. Kolmogorov-Smirnov test (**: $p < 0,025$; ***: $p < 0,001$).

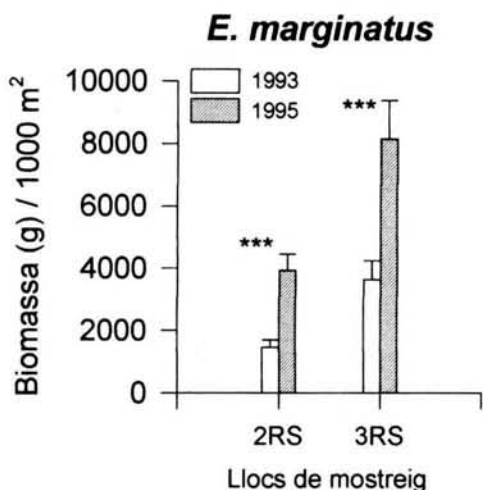


Fig. 7. Evolució de la biomassa mitjana (\pm EE) d'*E. marginatus* entre 1993 i 1995 a les estacions superficials de l'Arxipèlag de Cabrera. Resultats del test t-Student (***: $p < 0,01$).

Fig. 7. *E. marginatus* mean biomass (\pm SE) evolution between 1993 and 1995 at Cabrera Archipelago shallow sites. T-Student test results (***: $p < 0,01$).

Discussió

La prohibició d'una part de la pressió pesquera, concretament la pesca esportiva i, especialment, la pesca submarina, s'ha reflectit en diferents manifestacions de l'anomenat "efecte reserva", tan sols després de dos i quatre anys de protecció. Així, a Cabrera, podem assumir, per una banda, l'increment de supervivència dels nous reclutes i, per altra, destacar l'anomenat "efecte refugi" (Francour, 1994) per als peixos que són més vells que el propi estatus de protecció.

Respecte al primer aspecte, les diferències de densitat observades als llocs somers, són massa grosses com per pensar que són degudes només a una diferència entre el reclutament d'una i altra àrea. A més, la distribució de talles a Cabrera és molt més ample que l'observada a Calvià, i el resultat

d'un procés més llarg que el que es podria donar amb el reclutament exitós d'un any concret. Una vegada analitzades les densitats a una i altra àrea d'estudi podem interpretar que les diferències de biomassa als llocs superficials són degudes a les diferències de densitat, mentre que les diferències en fondària són degudes a la diferent composició de talles de la població a Cabrera i a Calvià.

Diferents observacions duites a terme a Cabrera i a Mallorca, prèviament a la declaració del Parc, confirmaren un alt reclutament d'anfossos en els primers metres de fondària (Riera *et al.*, 1994; i observacions dels autors), la qual cosa implica que es tracta d'un fenomen bastant comú en aquesta regió. Un reclutament exitós al 1991 i al 1992, reflectit en l'elevada freqüència de les classes de talla entre 15 i 23 cm en el mostreig de 1993 a Cabrera (Fig. 3), s'hauria d'haver reflectit també a Calvià el 1994 i el 1995 si l'esperança de vida dels anfossos hagués estat la mateixa a cada àrea.

Després de consultar les relacions talla/edat donades per Chauvet (1988) i Chalabi *et al.* (1992) podem observar que el 80% dels anfossos censats als llocs superficials de Cabrera al 1993 no tenien edats superiors als tres anys. Per aquesta raó podem deduir que la densitat d'anfossos a Cabrera, prèviament al 1991, devia ser molt baixa i similar a la observada als llocs oberts a la pesca de Calvià. Els símptomes de sobre-explotació deguts a una falta d'anfossos adults prèviament a la declaració del Parc Nacional han estat documentats per Garcia-Rubies (1993) tant a llocs somers com profunds.

L'efecte refugi es pot observar als llocs profunds de les dues àrees d'estudi. A Calvià, la major densitat a 20-25 m suposa la ubicació dels anfossos dins una zona amb menys impacte pesquer degut al major esforç requerit pels pescadors submarins per tal d'accedir a n'aquesta cota. Malgrat això, cap anfós censat als llocs profunds de Calvià no va sobrepassar els 32-36 cm de talla ni els tres anys de vida. A Cabrera, el 62,1% dels anfossos censats al 1993 van tenir talles su-

periors a la talla màxima observada a Calvià, per la qual cosa es pot deduir que es tractava d'individus assentats prèviament a 1991 que varen sobreviure fins al període d'estudi gràcies a la prohibició de la pesca esportiva. Els peixos més grossos, superiors a 70 cm, provenien probablement de llocs rocosos propers al Parc.

El temps transcorregut entre 1993 i 1995 és encara massa curt per a determinar conclusions definitives sobre la resposta temporal de l'anfós en front de la protecció. De qualsevol manera es tracta d'un temps suficient per a observar pautes que confirmen que els resultats obtinguts comparant àrees gestionades de forma diferent són la manifestació d'un procés que començà amb la prohibició de la pesca esportiva al 1991. Així, els increments significatius de biomassa entre 1993 i 1995 són el resultat de la major esperança de vida dels anfosos a Cabrera, on poden arribar a assolir talles properes a la talla màxima de l'espècie.

Estudis posteriors a 1995, quan totes les reserves integrals ja van ser totalment efectives, permetran decidir si l'estabilitat de la densitat mitjana d'aquests peixos entre els dos anys estudiats fou el resultat d'una limitació ecològica en la utilització de l'hàbitat o l'efecte de la pressió de la pesca artesanal.

En qualsevol cas, el conjunt d'aquests resultats demostra que la capacitat de recuperació de l'anfós es prou ràpida quan el principal mètode d'extracció ha estat eliminat. A més a més, d'aquests resultats es poden deduir una sèrie de principis importants que reforcen la viabilitat de les Reserves Marines com a eines eficients en la gestió pesquera. En principi, la major proporció d'individus grossos a aigües del Parc permet assegurar que l'estoc reproductor és superior respecte de zones explotades i que el major nombre d'ous i larves generat pot incrementar el reclutament a àrees llunyanes del Parc (Plan Development Team, 1990; Roberts i Polunin, 1991).

Com a conseqüència de la disminució de la mortalitat per pesca, la recuperació d'una estructura demogràfica més madura és principalment important en aquelles espècies que, com l'anfós, presenta una inversió sexual al llarg del seu cicle vital (Chauvet, 1988), recobrant el *sex ratio* ideal entre mascles i femelles, la qual cosa reforçaria la capacitat reproductora de la població. Aquest aspecte es veu reforçat per la necessitat d'un nombre mínim crític d'individus perquè es donin els condicionants socio-etològics adients per a la reproducció d'aquesta espècie (Zabala *et al.*, 1997). Aquesta estructura demogràfica, més equilibrada a l'interior del Parc, amb major proporció d'individus reproductors i de major edat, incrementa la diversitat genètica de la població, al mateix temps que incorpora gens sotmesos durant més temps a la selecció natural (Plan Development Team, 1993).

Per un altra banda, el Parc actua com a una àrea d'assegurança respecte d'altres zones sotmeses a polítiques de gestió tradicional, llur efectivitat rara vegada es compleix i, per altra, incrementa la resiliència de la població front a fenòmens naturals (ex: baix reclutament) que poden agreujar els efectes d'una explotació poc controlada (Lauck *et al.*, 1998; Hall, 1998).

Finalment, el fet que aquests principis es dedueixin d'uns resultats obtinguts sota l'activitat de la flota artesanal permet ser molt optimista en quant l'efectivitat d'un Pla Balear de Reserves Marines per aconseguir una pesquera artesanal sostenible.

Agraïments

Aquest treball no s'hagués pogut dur a terme sense la participació d'institucions com la UIB, la Societat d'Història Natural de les Balears, o la Direcció del Parc Nacional de Cabrera. A n'Isabel Moreno, Antoni Martínez i Jorge Moreno, representants d'aquestes institucions durant la realització de l'estudi, manifestar-lis el nostre agraïment.

Tan important com l'ajut material i logístic ho van ser les idees encoratjadores d'en Mikel Zabala per a la realització de la primera campanya cabrerenca, així com l'empenta final de n'Enric Massutí per tal de treure endavant el treball.

També volem agrair la participació a les campanyes dels biòlegs i bussejadors Quim Garrabou, Benjami Reviriego, Silvia Pujol, Olga Reñones i Gabi Morey.

Bibliografia

- Bell, J.D., Craik, G.J.S., Pollard, D.A. i Russell, B.C. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs*, 4: 41-44.
- Bohnsack, J. 1987. The impact of overfishing on tropical fisheries. *Proceedings of the Conference on Fisheries in Crisis*, 1: 35-45.
- Bouain, A. i Siau, Y. 1983. Observations on the female reproduction cycle and fecundity of the species of groupers (*Epinephelus*) from the southeast Tunisian seashores. *Mar. Biol.*, 73: 211-220.
- Camp, J., Uriz, M.J. i Ballesteros, E. 1986. *Estudio preliminar del sistema bentónico del Archipiélago de Cabrera: descripción, estado de conservación y efectos de las maniobras militares*. CSIC, Madrid. 29 pp.
- Chalabi, A., Ghafir, S.M. i Guerrab, K. 1992. Croissance du mérout *Epinephelus guaza* L. des côtes de l'ouest algérien. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 33: 23.
- Chauvet, C. 1988. Étude de la croissance du mérout *Epinephelus guaza* (Linné, 1758) des côtes tunisiennes. *Aquat. living Resour.*, 1: 277-288.
- Chauvet, C. 1991. Statut d'*Epinephelus guaza* (Linnaeus, 1758) et éléments de dynamique des populations méditerranéenne et atlantique. In: Boudouresque, C.F., Avon, M. et Graves, V. (eds.): *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*, pp. 255-275. GIS Posidonie publ., France.
- Coll, J., Reñones, O., Moranta, J. i Morales-Nin, B. 1995. Base study for monitoring the reserve effect in the Cabrera National Park, Balearic Islands. An indicator species example: *Epinephelus guaza* (L.). *Rapp. Comm. Int. mer Médit.*, 34: 240.
- Craik, G.J.S. 1981. Underwater survey of coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae) populations in the Capricornia section of the Great Baarier Reef Marine Park. *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium. Manila*, 1: 53-58.
- Francour, P. 1994. Pluriannual analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the Scandola natural reserve (Corsica, Northwestern Mediterranean). *Oceanol. Acta*, 17: 309-317.
- Garcia-Rubies, A. 1997. *Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània occidental: efecte de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona. 262 pp.
- Garcia-Rubies, A. i Zabala, M. 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Sci. mar.*, 54: 317-328.
- Garcia-Rubies, A. 1993. Distribució batimètrica dels peixos litorals de substrat rocós a l'illa de Cabrera. In: Alcover, J.A., Ballesteros, E. i Fornós, J.J. (eds.). *Història Natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. CSIC-Edit. Moll, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 2: 645-661.
- Goeden, G.B. 1979. Is the Great Barrier Reef being overfished?. *Australian Fisheries*, 38: 18-20.
- Hall, S.J. 1998. Closed areas for fisheries management - the case consolidates. *TREE*, 13: 297-298.
- Harmelin-Vivien, M.L., Harmelin, J.G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune, P., Barnabe, G., Blanc, F., Chevalier, R., Duclerc, J. i Lasserre, G. 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons. Méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 40: 467-539.
- Harmelin, J.G., Bachet, F. i Garcia, F. 1995. Mediterranean marine reserves: fish indices as tests of protection efficiency. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 16: 233-250.
- Lauck, T., Clark, C.W., Mangel, M. i Munro, G.R. 1998. Implementing the precautionary principle in fisheries management through marine reserves. *Ecol. Appl.*, 81: 72-78.
- Luckhurst, B.E. i Luckhurst, K. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Mar. Biol.*, 49: 317-323.
- Moranta, J., Coll, J., Reñones, O. i Morales-Nin, B. 1995. Abundance and size distributions of *Diplodus vulgaris* of the National Park of the

- Cabrera Archipelago (Balearic islands) during summer. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 34: 251.
- Moranta, J., Reviriego, B. i Coll, J. 1997. Contribución al conocimiento de la estructura de la comunidad íctica asociada a los fondos rocosos litorales de las islas del Toro y d'Es Malgrat (suroeste de Mallorca, islas Baleares). *Publ. espec. Inst. esp. Oceanogr.*, 23: 143-152.
- Muus, B.J. 1968. A field method for measuring exposure by means of plaster balls. *Sarsia*, 34: 61-68.
- Plan Development Team. 1990. *The potential of marine fishery reserves for reef fish management in the U.S. Southern Atlantic*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-261, 40p.
- Polunin, N.V.C. i Roberts, C.M. 1993. Greater biomass and value of target coral-reef fishes in two small Caribbean marine reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 100: 167-176
- Reñones, O., Moranta, J., Coll, J. i Morales-Nin, B. 1997. Rocky bottom fish communities of Cabrera Archipelago National Park (Mallorca, Western Mediterranean). *Sci. mar.*, 61: 495-506.
- Reviriego, B., Moranta, J. i Coll, J. 1996. Cartografia bionòmica dels fons marins adjacents a les illes del Toro i d'Es Malgrat (SW Mallorca, Illes Balears). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 39: 187-203.
- Riera, F., Grau, A.M. i Pou, S. 1994. Meridionalization phenomena in the fish fauna of the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Abstracts of the VIII European Congress of Ichthyology. Fishes and their Environment*. pp. 92. Oviedo.
- Roberts, C. M. i Polunin, N.V.C. 1991. Are marine reserves effective in management of reef fisheries?. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1: 65-91.
- Russ, G.R. i Alcalá, A.C. 1996. Do marine reserves export adult fish biomass? Evidence from Apo island, central Philippines. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 132: 1-9.
- Underwood, A.J. 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19: 513-605.
- Wantiez, L., Thollot, P. i Kulbicki, M. 1997. Effects of marine reserves on coral reef fish communities from five islands in New Caledonia. *Coral Reefs*, 16: 215-224.
- Zabala, M., Lousy, P., Garcia-Rubies, A. i Gracia, V. 1997. Socio-behavioural context of reproduction in the Mediterranean dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (Pisces, Serranidae) in the Medes Islands Marine Reserve (NW Mediterranean, Spain). *Sci. Mar.*, 61: 79-89.
- Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 718 pp.