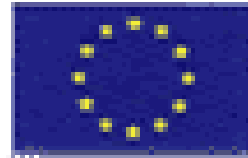


Avaluació dels recursos íctics litorals de les reserves
marines de l'illa de El Toro i de les illes Malgrats.
Resultats del període 2005 – 2011.



Fons Europeu de la Pesca
Projecte FEPNBAL321000005



Autors: Gabriel Morey ^{a,b}, Josep Coll ^{a,b} i Oliver Navarro ^{b,c}

Revisat per Antoni M. Grau Jofre ^b.

a: Tragsatec; b: Servei de Recursos Marins de la Direcció General de Medi Rural i Marí; c:
Serveis de Millora Agrària

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	Pàg. 1
2. METODOLOGIA	Pàg. 3
3. RESULTATS	Pàg. 7
4. CONCLUSIONS I COMENTARIS	Pàg. 33
5. BIBLIOGRAFIA CITADA AL TEXT	Pàg. 35

Foto de portada: Fernando Darder ©

1. INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS

Aquest informe tècnic se correspon amb el previst al projecte FEP 321NBAL00005 “Servei per al seguiment biològic de les reserves marines de les Illes Balears i de l’escull artificial de Llevant” i recull els resultats del seguiment de les reserves marines de les illes Malgrats i de l’illa del Toro realitzat en el marc d’aquest projecte i els compara amb els desenvolupats des de la creació de les reserves l’any 2004. La Reserva Marina de l’illa del Toro fou declarada mitjançant l’Ordre de la consellera d’Agricultura i Pesca de 28 de maig de 2004 (BOIB Núm. 78, de 3 de juny de 2004), mentre que la Reserva Marina de les illes Malgrats s’establí a través de l’Ordre de 15 de juny de 2004 (BOIB Núm. 89, de 24 de juny de 2004). En ambdós casos, a les Ordres de creació de les reserves també es determinaren les modalitats i períodes de pesca permesos al seu interior, es regularen altres activitats d’esbarjo (i.e. busseig) i científiques i (article 4) es fa referència a les activitats relatives al seguiment científic de les dues reserves, els resultats del qual han de servir per establir el tipus de gestió d’aquestes àrees. Quant a les activitats de pesca, i al marge d’aquelles activitats ja prohibides per la normativa general (arrossegaments, encerclament) les restriccions més destacables són la prohibició de l’ús de xarxes i palangres, la pesca submarina i la pesca amb canya des dels seus illots, ja que aquestes pràctiques tenen com a espècies objectiu moltes de les incloses en la categoria de vulnerables (e.g sard, variada, anfós, escorball), i sobre les quals es basen els inventaris visuals amb els quals es determina l’estat de les seves poblacions. També és notable la limitació, tant per a la professional com per a la recreativa, de la potera, el curricà de fons i de superfície, i el volantí des d’embarcació a les dates compreses entre l’1 d’octubre i el 30 d’abril, no estant permeses la resta de l’any. Pel que fa a la vigilància de les dues reserves, fins el 2008 no entrà en servei el cos de guardes encarregats d’aquesta tasca.

Dins el context del seguiment de les reserves marines de les Illes Balears mitjançant censos visuals, des del seu inici s’establiren dos estrats de profunditat en els quals es duen a terme els inventaris esmentats: estrat superficial (5-15 m) i estrat profund (20-25 m). En aquest informe es presenten els resultats corresponents a l’estrat profund. La darrera campanya d’aquests estudi es va dur a terme el mes de juliol de 2011, i les dades obtingudes es compararen amb els de les campanyes realitzades en anys anteriors sobre el mateix estrat (2005, 2006 i 2009). Els resultats de la primera campanya inclosa en l’estudi que aquí es presenta corresponen al mes de juny de 2005. En aquesta data, transcorregut un any des de la creació d’ambdues reserves, encara no s’havia contractat la vigilància per a cap d’elles. Tot i que en qualsevol avaluació dels efectes de les reserves es considera adient obtenir una

caracterització de l'anomenat "estat zero" (estat de partida de les comunitats presents en les àrees protegides), els resultats del 2005 no es poden considerar estrictament com a tals, ja que malgrat no existir un servei de vigilància oficial de les reserves, s'ha pogut constatar que els clubs de busseig que hi operen exerciren una tasca en aquest sentit. Tot i que es tenien notícies de que aleshores seguia existint una certa activitat de pesca submarina il·legal a l'interior de les reserves de El Toro i Malgrats, aquesta era residual, i l'acompliment majoritari de la normativa pesquera des del juny de 2004 aconsellà no considerar aquells resultats com a definidors de l'estat zero. En qualsevol cas, aquests resultats són absolutament vàlids per determinar l'evolució temporal dels paràmetres considerats i, per tant, la magnitud l'efecte reserva esperat a priori, la qual cosa és necessària en qualsevol seguiment ecològic associat a un canvi de gestió.

S'han demostrat de forma fefaent, i en nombroses ocasions, els canvis en l'estructura de les poblacions de moltes espècies considerades com a vulnerables quan s'han aplicat mesures de conservació efectives en diferents àrees marines protegides a la Mediterrània (Bell, 1983; Garcia-Rubies i Zabala, 1990; Francour, 1991; Harmelin *et al.*, 1995; Coll *et al.*, 1999; Jouvenel i Pollard, 2001; Ballesteros *et al.*, 2003). Aquests canvis afecten tota la comunitat de peixos i, per tant, la biodiversitat de les zones protegides. En l'origen d'aquests canvis hi ha bàsicament la reducció substancial –o absoluta- de la mortalitat causada per la pesca. Tot i això, l'evolució de les poblacions protegides depèn de la interacció entre els efectes de la protecció i una sèrie de variables ambientals pròpies de cada zona. Aquesta resposta diferencial dels peixos en funció de l'hàbitat s'ha demostrat recentment en el seguiment de les reserves marines de Balears creades l'any 1999 (Ballesteros *et al.*, 2003; Garcia-Rubies i Coll, 2004 a,b). D'aquí prové la importància de descriure l'estat previ a la protecció; és a dir, no importa tant detectar la influència de les diferències ambientals entre zones, com la desigual evolució temporal de les poblacions sotmeses a una gestió diferent.

En aquest informe es presenten els resultats de l'evolució dels recursos íctics de les reserves de les illes de El Toro i Malgrats, obtinguts analitzant la seva variació en una escala temporal (des de 2005 fins 2011) i espacial (comparant les zones de reserva amb zones no protegides).

2. METODOLOGIA

2.1. DISSENY DE L'ESTUDI

Les campanyes per a les quals se'n presenten els resultats d'aquest informe es varen realitzar durant els mesos de juny de 2005 (del dia 2 al 8), juliol de 2006 (dies 10 i 11), juliol de 2009 (dies 16 i 17) i juliol de 2011 (dies 26 i 28). La presa de dades es va basar en inventaris visuals fets amb escafandre autònom (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985), sobre un total de 48 transsectes de 50 x 5 m. Els transsectes sobre els quals es varen prendre les dades foren dels catalogats com a profunds, és a dir, situats a profunditats compreses entre 20 i 25 m. Es realitzaren, a cada campanya, 24 transsectes, a raó de 6 transsectes dins cadascuna de les zones prèviament establertes (Taula 1).

Taula 1. Número de transsectes realitzats per a cadascun dels factors considerats (Nivell de protecció, zona i any).

Nivell de Protecció	Zona	Any			
		2005	2006	2009	2011
Reserva	El Toro	6	6	6	6
	Malgrats	6	6	6	6
No Reserva	Es Rajolí	6	6	6	6
	Dragonera	6	6	6	6

El mostratge es va realitzar considerant dues zones protegides (El Toro i Malgrats), i dues zones control, sense cap mesura de protecció especial (Dragonera i Es Rajolí; Fig. 1). En tots els casos es va procurar que els transsectes fossin realitzats sobre fons rocosos homogenis, amb predominança de blocs, i situats a profunditats d'entre 20 i 25 m.

Presa de dades

La unitat de mostra fou el transsecte de 50 x 5 m que s'estenia sobre el perfil del fons amb una cinta mètrica mentre el bussejador avançava. Cada transsecte era mostrejat per dos bussejadors sobre un conjunt d'espècies que per les seves característiques el feia quasi tancat: espècies de substrat rocós, objectiu de la pesca professional, submarina i recreativa amb *home ranges* reduïts. Són espècies que en la seva majoria s'agrupaven en les categories espacials 3,

5 i 6 establertes per Harmelin (1987). Aquest grup reduït d'espècies millora considerablement la precisió del cens, tal com Greene i Alevizon (1989) demostraren amb l'anomenat *Discret Group Censusing*; consumeix menys temps i permet un major nombre de rèpliques que quan es té en compte tota la comunitat de peixos. Cada bussejador estava familiaritzat en el reconeixement de les espècies, el cens i l'estima de talla després de seguir protocols d'entrenament amb distribucions de peixos artificials i contrastar l'agrupament per classe de talla que menys diferència dona entre la distribució observada i la real mitjançant un test de Kolmogorov-Smirnov (Bell *et al.*, 1985). Tots els transsectes es van distribuir a l'atzar sempre sobre substrat rocós entre 20 i 25m de fondària i amb una distància entre transsectes contigus superior a 20 m per tal d'evitar casos d'autocorrelació (Ordines *et al.*, 2005).

El transsecte es feia en dues etapes. A la primera, d'anada i a una velocitat constant, un dels bussejadors enregistrava tots els peixos més mòbils (Sparidae, Labridae) o aquells que essent críptics estaven fora del cau (e.g. Sciaenidae, Serranidae), mentre que l'altre censava les espècies més críptiques dins caus i escletxes. A la volta es recollia la cinta mètrica censant i anotant el tram de cinta ocupat per cada tipus d'hàbitat: blocs petits ($\varnothing < 1$ m), blocs mitjans ($1 < \varnothing < 2$), blocs grossos ($\varnothing > 2$), roca plana, arena i *Posidonia oceanica*. Els transsectes procuraven fer-se a fondària constant, enregistrant sempre la fondària mínima i la màxima, i dos descriptors de tipus semi quantitatiu: una estima de la complexitat topogràfica del fons que pretén aproximar-se a la mesura descrita per Luckhurst i Luckhurst (1978) com a rugositat; i el pendent del transsecte.

La rugositat s'estimava a partir de la relació entre la longitud del contorn transversal del transsecte i la seva amplada recta, mesurada a proves de camp anteriors al mostreig, el grau de verticalitat i dispersió dels blocs rocosos, així com la diversitat de mides i abundància relativa d'escletxes i enfonys. Així, aquest índex semi quantitatiu adopta valors mínims de 1 i màxims de 4, amb precisió de 0.5 que ajusta cada bussejador.

El pendent del transsecte es va mesurar també semi quantitativament, depenent sobre la inclinació transversal del transsecte: 1: inclinació inferior a 30°, 2: de 30 a 60°, 3: de 60° a 90° i 4: per a coves i extraploms, també amb precisió de 0.5.

Anàlisi de les dades

A partir de les dades de densitat i de relacions talla:pes humit per espècie (Morey *et al.*, 2003) es van calcular els següents indicadors sintètics per a cada transsecte: Dt: densitat total de peixos, St: nombre o riquesa d'espècies, Bt: biomassa total (suma de tots els pesos de les espècies dins un transsecte), a més de les densitat i biomasses corresponents a cadascuna de les espècies.

El principal objecte d'estudi amb aquests indicadors fou l'efecte del temps (T) dins els diferents nivells de protecció (P) i dins les diferents zones (Z) de cada nivell; és a dir, la interacció entre el temps i el nivell de protecció TxP i la interacció entre el temps i la zona dins cada nivell de protecció TxZ(P). La significança d'aquestes interaccions depèn també de la variació dels indicadors a petita escala (entre transsectes) i que s'inclou en el model següent d'anàlisi de la variància: $X_{ijkl} = \mu + P_i + T_j + Z(P)_{k(i)} + TxP_{ij} + TxZ(P)_{jk(i)} + Error_{l(ijk)}$, on X_{ijkl} és el valor d'un indicador a un transsecte (l) dins una zona (k) i a un temps (j) i nivell de protecció (i) concrets i μ és la mitjana global.

Es tracta per tant d'una aproximació lineal amb model mixt, amb factors fixos (T i P) i factors aleatoris (Z i els propis transsectes). El temps s'ha considerat un factor fixo perquè s'analitzen uns anys concrets que s'interpreten com a un efecte acumulat de la protecció; és a dir, no té el mateix significat mostrejar el primer any de seguiment o al darrer, i si aquest darrer temps de mostreig és al cap d'un o altre nombre determinat d'anys (Underwood, 1997).

En els casos en què el factor Z(P) no resultà significatiu s'agrupà la suma de quadrats d'aquest factor i la dels residuals i es tornà a realitzar l'anàlisi principal (TxP). Aquest procediment de *pooling* s'efectuà sempre i quan la probabilitat d'acceptació de la hipòtesi nul·la quan aquesta és vertadera (que no hi ha diferència entre llocs) fora elevada ($p > 0.20$) (Underwood, 1997).

Prèviament a l'anàlisi es va comprovar l'homogeneïtat de les variàncies (mitjançant el test de Cochran (Zar, 1984)), l'absència de correlació entre mitjanes i desviacions típiques i la normalitat de les dades. En el cas, freqüent, que no s'acomplissin aquests requeriments, les dades es transformaren mitjançant l'arrel quadrada ($x' = \sqrt{x}$) o logarítmicament ($x' = \log(x+1)$). En qualsevol cas, les dades han estat analitzades malgrat que no s'acomplissin totes aquestes condicions; prenent-se la precaució d'eleva el nivell de significació fins a 0.01 (en lloc de l'habitual $p < 0.05$) per tal d'evitar el risc de cometre un error de tipus I (Underwood, 1997).

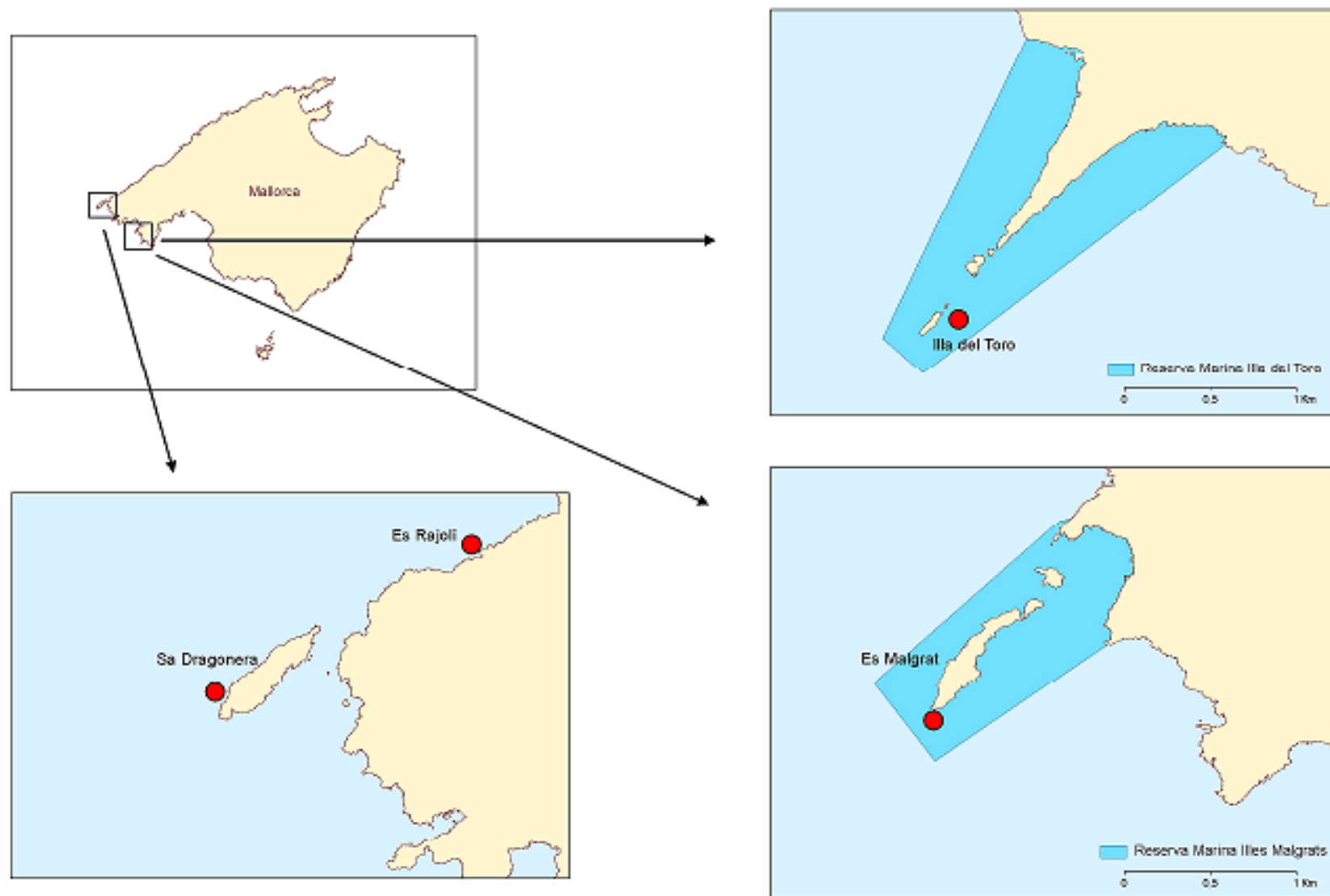


Figura 1. Localització de les reserves marines de El Toro i Malgrats, i les zones control de Dragonera i Es Rajolí. Els punts vermells indiquen la ubicació aproximada dels transsectes realitzats.

3. RESULTATS

3.1. La riquesa d'espècies vulnerables.

La diversitat d'espècies observada a les dues zones de reserva fou, gairebé sempre, superior a l'obtinguda a les dues zones control (Taula 2 i Fig. 2). Durant els quatre anys analitzats, el nombre d'espècies censades va ser 18 a El Toro i 17 a Malgrats, i 14 a Es Rajolí i Dragonera. En conjunt, el sard (*Diplodus sargus*) i la variada (*Diplodus vulgaris*) foren les espècies més abundants a totes les zones.

A El Toro, el nombre mitjà d'espècies per transsecte fou gairebé idèntic els anys 2005 i 2011 ($6,7 \pm 1,0$ i $6,8 \pm 0,5$ espècies/250m², respectivament), mentre que el valor major correspongué a 2006 ($7,5 \pm 1,0$). Aquest paràmetre, per tant, no mostrà una evolució uniforme a la reserva de El Toro (Fig. 2). En canvi, a Malgrats el nombre d'espècies experimentà un ascens entre els dos anys inicials ($5,3 \pm 0,3$ i $5,2 \pm 0,5$ espècies/250m²) i els dos darrers ($6,5 \pm 0,9$ i $6,3 \pm 0,9$), en els quals mostra una estabilització.

Quant a les zones control, a Es Rajolí hi hagué un increment durant el darrer any ($4,5 \pm 0,3$ espècies/250m²) respecte dels tres primers ($3,7 \pm 0,3$, $3,5 \pm 0,7$ i $3,5 \pm 0,6$ respectivament), mentre que la Dragonera mostrà una elevada estabilitat en el nombre d'espècies ($4,2 \pm 0,7$, $4 \pm 0,7$, $4 \pm 0,7$ i $4,3 \pm 0,3$).

L'ANOVA només detectà diferències significatives pel que fa al nivell de protecció (Taula 3), essent, com s'ha vist, superior a les dues reserves respecte de les dues zones no protegides. El nombre d'espècies, emperò, no mostra variacions significatives amb el temps.

Taula 2. Abundància total de les espècies observades a les zones de mostratge entre 2005 i 2011.

Reserva	El Toro				Malgrats			
	2005	2006	2009	2011	2005	2006	2009	2011
<i>Conger conger</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dentex dentex</i>	1	9	1	1	0	1	20	2
<i>Diplodus cervinus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	2	3	1	6	0	1	2	2
<i>Diplodus sargus</i>	45	52	74	82	13	82	49	96
<i>Diplodus vulgaris</i>	97	186	128	103	146	303	363	191
<i>Epinephelus caninus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epinephelus costae</i>	2	1	0	2	0	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	6	19	6	33	3	5	1	4
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0	0	1	0	0	0	2	0
<i>Labrus merula</i>	1	3	4	2	0	1	2	0
<i>Labrus mixtus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Labrus viridis</i>	0	0	0	0	0	1	3	3
<i>Muraena helena</i>	5	3	8	7	3	10	5	2
<i>Phycis phycis</i>	0	2	4	2	0	0	2	3
<i>Sciaena umbra</i>	29	22	55	47	42	18	37	39
<i>Scorpaena porcus</i>	8	2	0	0	2	0	0	0
<i>Scorpaena scrofa</i>	2	0	4	3	5	2	8	2
<i>Sparus aurata</i>	2	2	0	0	0	1	1	0
<i>Sphyrna viridensis</i>	0	18	30	21	0	0	23	26
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	3	1	1	0	2	0	0	3
No reserva	Dragonera				Es Rajolí			
	2005	2006	2009	2011	2005	2006	2009	2011
<i>Conger conger</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dentex dentex</i>	2	0	6	1	0	2	0	0
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diplodus puntazzo</i>	1	2	3	4	0	1	2	8
<i>Diplodus sargus</i>	18	60	31	27	29	24	25	27
<i>Diplodus vulgaris</i>	109	125	178	58	107	113	164	93
<i>Epinephelus caninus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	0	6	0	1	1	0	0	1
<i>Gymnothorax unicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus merula</i>	0	0	1	0	1	1	2	2
<i>Labrus mixtus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Labrus viridis</i>	0	0	0	0	0	2	1	1
<i>Muraena helena</i>	4	3	6	6	0	1	3	0
<i>Phycis phycis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	5	0	0	0	10	1	0	0
<i>Scorpaena porcus</i>	2	0	0	0	0	0	0	1
<i>Scorpaena scrofa</i>	1	0	1	0	1	0	3	1
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Sphyrna viridensis</i>	0	4	1	0	0	0	0	0
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	3	14	54	22	8	11	2	36

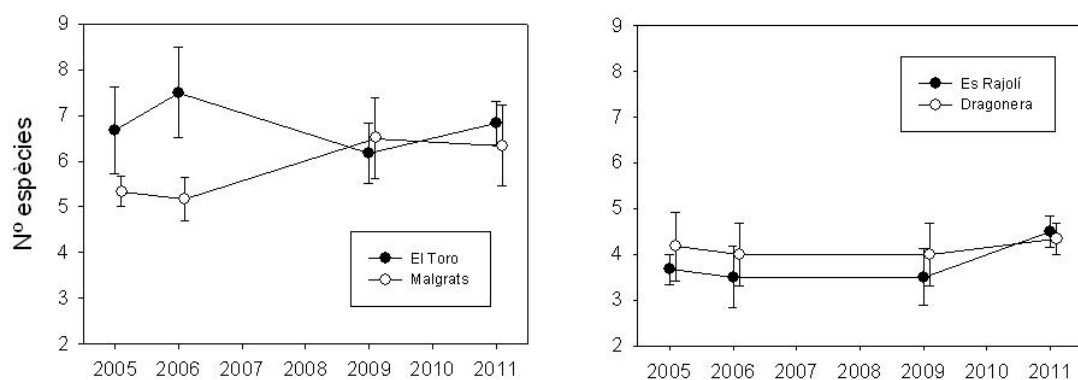


Figura 2. Nombre d'espècies per transecte (mitjana $\pm$ EE) observat a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 3. Anàlisi de la variància per al nombre mitjà d'espècies. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significança.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	4,365	3	1,455	0,5451	0,6528
Protecció	0,736	1	0,736	44,515	0,0000
Temps*Protecció	1,281	3	0,427	0,1600	0,9229
Zona(Protecció)	12,354	2	6,177	2,3146	0,1054
Temps*Zona(Protecció)	12,729	6	2,122	0,7950	0,5766
Error	213,500	80	2,669		

3.2. La biomassa total d'espècies vulnerables (Bt).

Aquest indicador experimentà una evolució molt positiva a les dues reserves (Fig. 3). A El Toro es detectà un increment entre 2005 i 2006, quan la biomassa total es duplicà, passant de 7163 g/250m² a 15824 g. Entre 2006 i 2009 la biomassa es mantingué molt estable, per després experimentar un altre increment molt notable, assolint els 31716 g per transecte. A la reserva de Malgrats, en canvi, la Bt augmentà de manera continuada entre 2005 i 2009, per després mantenir-se estable en torn als 16000 g.

Les zones control, per la seva banda, es mantingueren en valors semblants entre el primer i el darrer any d'estudi, tot i dins aquest període experimentaren oscil·lacions (Fig. 3), que foren més importants a la Dragonera que a Es Rajolí.

L'anàlisi de la variància (Taula 4) detectà diferències significatives entre anys, degudes a les grans variacions de Bt dins el període d'estudi, així com per al factor protecció. Més important encara, la interacció Temps x Protecció indicà que l'increment de la Bt a l'interior de les reserves fou significativament superior al de les zones no protegides.

A la taula 5 es presenten els valors de biomassa total i de les espècies censades per a cada zona i any de mostreig.

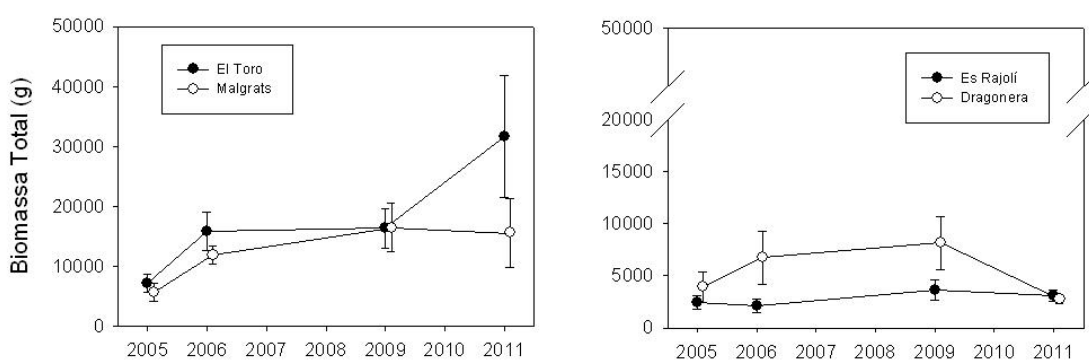


Figura 3. Biomassa total d'espècies vulnerables per transecte (mitjana±EE) observat a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi. Noti's la diferència d'escala entre els dos gràfics.

Taula 4. Anàlisi de la variància per a la biomassa total d'espècies vulnerables. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	946615451	3	315538484	4,2606	0,007624
Protecció	2887553050	1	2887553050	38,9897	0,000000
Temps*Protecció	943925567	3	314641856	4,2485	0,007736
Zona(Protecció)	424529764	2	212264882	2,8661	0,062780
Temps*Zona(Protecció)	539782053	6	89963676	1,2148	0,307460
Error	5924744537	80	74059307		

Més enllà de l'evolució de la biomassa total i, com es veurà més endavant, de la de les principals espècies, és interessant observar com va canviar la contribució relativa de les espècies al total de biomassa de les zones analitzades. Així, entre 2005 i 2011, a El Toro (Fig. 4) s'anà produïnt una alternància entre *S. umbra* i *E. marginatus* com a espècies dominants. Encara més notable és el fet de que aquestes dues espècies desplaçaren *D. vulgaris* i *D. sargus* en termes de biomassa (tot i que seguiren essent les més abundants), quan comparem aquesta situació amb el que ocorre a àrees no protegides, on en absència d'espècies sedentàries i de talla gran (com són l'anfós i l'escorball) aquests dos espèrids també esdevenen les més importants en biomassa. En aquest sentit, és interessant destacar que la tendència observada a El Toro resulta excepcional fins i tot quan la comparem amb altres zones protegides amb major temps de protecció (e.g. Coll *et al.*, 2011). En el cas de El Toro cal incidir en la gran importància d'*E. marginatus* el 2011, quan contribuï en un 58% a la biomassa total dels transsectes realitzats.

A Malgrats (Fig. 5) també s'observà alternància entre *S. umbra* i els espèrids *D. sargus* i *D. vulgaris* com a espècies dominants en termes de biomassa, essent *E. marginatus* molt manco important que a El Toro. Tot i que durant 2011 la biomassa d'anfòs va ser lleugerament superior a la de 2006 (Taula 5), la seva contribució a la biomassa total fou menor degut al major increment experimentat per les altres espècies.

A les zones control de Es Rajolí i Dragonera (Figs. 6 i 7) la major part de la biomassa es degué a la contribució de *D. sargus* i *D. vulgaris*, tot i que puntualment algunes altres espècies esdevingueren importants.

Taula 5. Biomassa mitjana (g; mitjana $\pm$ error estàndard) per a totes les espècies censades a les reserves de El Toro i Malgrats i a les dues zones control entre 2005 i 2011. Bt: Biomassa total.

Espècie	El Toro								Malgrats							
	2005		2006		2009		2011		2005		2006		2009		2011	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>C. conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. dentex</i>	183,1	183,1	2262,8	1058,6	69,6	69,6	99,6	99,6	0,0	0,0	137,1	137,1	3501,4	1832,4	406,9	277,2
<i>D. cervinus</i>	124,5	124,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	35,1	22,6	56,0	32,7	89,9	89,9	256,6	127,7	0,0	0,0	33,7	33,7	62,7	51,0	85,7	56,0
<i>D. sargus</i>	1243,7	223,2	1546,9	329,1	2446,5	1079,4	3398,8	539,3	409,5	185,4	2386,1	872,6	2018,6	579,4	3446,5	846,9
<i>D. vulgaris</i>	1280,5	458,2	2603,4	980,5	1659,6	815,2	2340,5	841,2	1564,7	451,0	3765,4	1421,0	4276,4	2211,5	3289,3	920,3
<i>E. caninus</i>	27,8	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	90,0	76,7	343,6	343,6	0,0	0,0	385,4	246,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	855,7	369,3	5144,1	1111,7	2582,4	967,7	18420,4	7371,5	420,2	189,0	1335,7	732,2	393,1	393,1	1351,3	485,7
<i>G. unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	36,5	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	200,1	200,1	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	8,7	8,7	97,5	76,5	267,7	146,2	297,4	297,4	0,0	0,0	136,8	136,8	464,9	329,2	0,0	0,0
<i>L. mixtus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,2	17,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	27,0	228,8	157,0	409,0	290,8
<i>M. helenae</i>	320,7	155,8	528,4	361,1	1141,8	550,9	952,2	464,4	139,1	67,7	1809,6	635,4	659,1	335,0	279,5	279,5
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	226,6	226,6	623,5	388,3	385,5	252,1	0,0	0,0	0,0	0,0	123,0	123,0	260,9	120,4
<i>S. umbra</i>	2188,7	1521,0	2584,8	1120,0	6810,3	3038,3	4882,3	1821,9	2404,7	1288,2	2149,8	1113,5	3823,8	2031,9	5759,6	3542,0
<i>S. porcus</i>	195,7	110,8	102,2	65,3	0,0	0,0	0,0	0,0	83,2	57,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	164,5	106,9	0,0	0,0	623,5	393,7	296,8	203,2	565,8	269,9	66,8	44,3	401,1	189,4	237,1	153,2
<i>S. aurata</i>	351,6	351,6	312,1	217,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,7	80,7	319,7	319,7	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	92,6	60,7	15,2	15,2	15,2	15,2	0,0	0,0	31,5	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	68,6	55,1
Bt	7162,9	1503,5	15823,6	3238,4	16366,5	3235,0	31715,6	10117,6	5654,9	1551,7	11928,7	1513,6	16472,7	4073,7	15594,5	5758,9

Taula 5. (cont.)

Espècie	Es Rajolí								Dragonera							
	2005		2006		2009		2011		2005		2006		2009		2011	
	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE	Mitjana	EE
<i>C. conger</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	495,4	495,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. dentex</i>	0,0	0,0	220,8	220,8	0,0	0,0	0,0	0,0	240,3	180,6	0,0	0,0	501,1	501,1	137,1	137,1
<i>D. cervinus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>D. puntazzo</i>	0,0	0,0	26,4	26,4	62,3	43,0	254,7	121,3	15,0	15,0	18,1	11,7	104,6	50,7	108,8	86,9
<i>D. sargus</i>	507,3	188,6	498,7	195,0	699,3	315,0	860,7	351,8	618,8	237,0	1901,2	1542,7	1436,3	606,7	780,5	117,6
<i>D. vulgaris</i>	1028,7	519,2	993,1	352,2	2166,9	786,8	1231,4	212,0	1939,4	1246,1	1753,0	600,2	3604,3	1914,8	533,7	167,0
<i>E. caninus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. costae</i>	191,7	191,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>E. marginatus</i>	147,7	147,7	0,0	0,0	0,0	0,0	86,4	86,4	0,0	0,0	2480,3	1001,0	0,0	0,0	347,8	347,8
<i>G. unicolor</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. merula</i>	40,8	40,8	40,8	40,8	127,6	127,6	225,5	161,1	0,0	0,0	0,0	0,0	40,8	40,8	0,0	0,0
<i>L. mixtus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>L. viridis</i>	0,0	0,0	110,5	98,2	118,8	118,8	118,8	118,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>M. helenae</i>	0,0	0,0	109,7	109,7	302,2	232,0	0,0	0,0	254,5	234,0	302,2	163,9	711,0	405,3	702,0	298,3
<i>P. phycis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	115,6	115,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. umbra</i>	370,8	370,8	45,2	45,2	0,0	0,0	0,0	0,0	227,6	145,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	8,8	39,1	39,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. scrofa</i>	66,3	66,3	0,0	0,0	133,1	106,3	81,2	81,2	66,3	66,3	0,0	0,0	81,2	81,2	0,0	0,0
<i>S. aurata</i>	19,7	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>S. cantharus</i>	53,6	37,1	116,6	68,6	21,3	13,5	217,5	70,5	28,4	16,1	176,3	176,3	1707,0	1566,9	196,3	87,7
Bt	2426,6	637,1	2161,7	654,1	3631,5	959,1	3085,1	576,3	3924,8	1468,8	6746,8	2562,3	8186,2	2539,8	2806,3	441,5

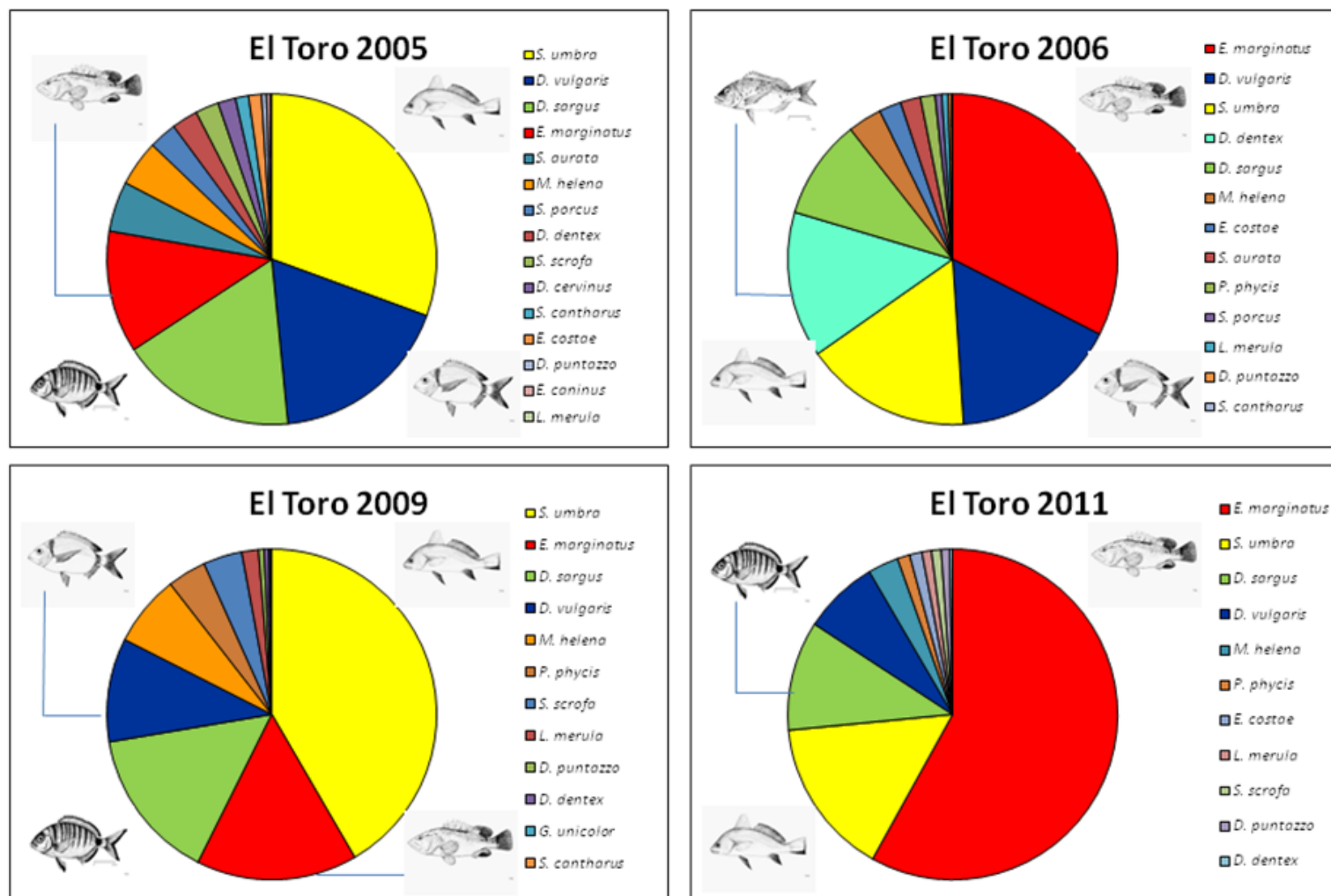


Figura 4. Importància relativa (%) respecte de la biomassa total de les espècies observades a la reserva marina de El Toro entre 2005 i 2011. En cada cas es representen les espècies que suposaren $\geq 75\%$ de la biomassa.

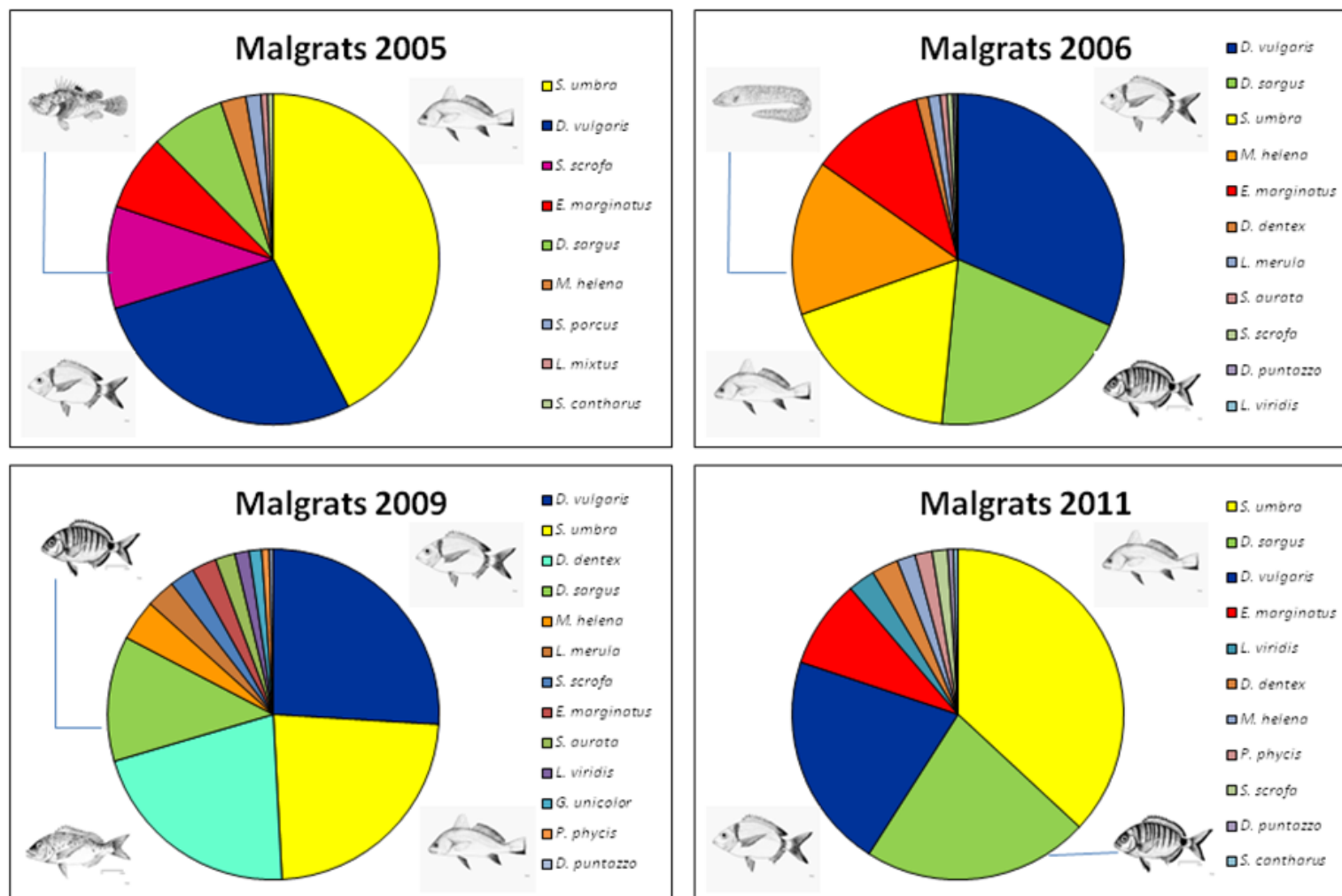


Figura 5. Importància relativa (%) respecte de la biomassa total de les espècies observades a la reserva marina de Malgrats entre 2005 i 2011. En cada cas es representen les espècies que suposaren $\geq 75\%$ de la biomassa.

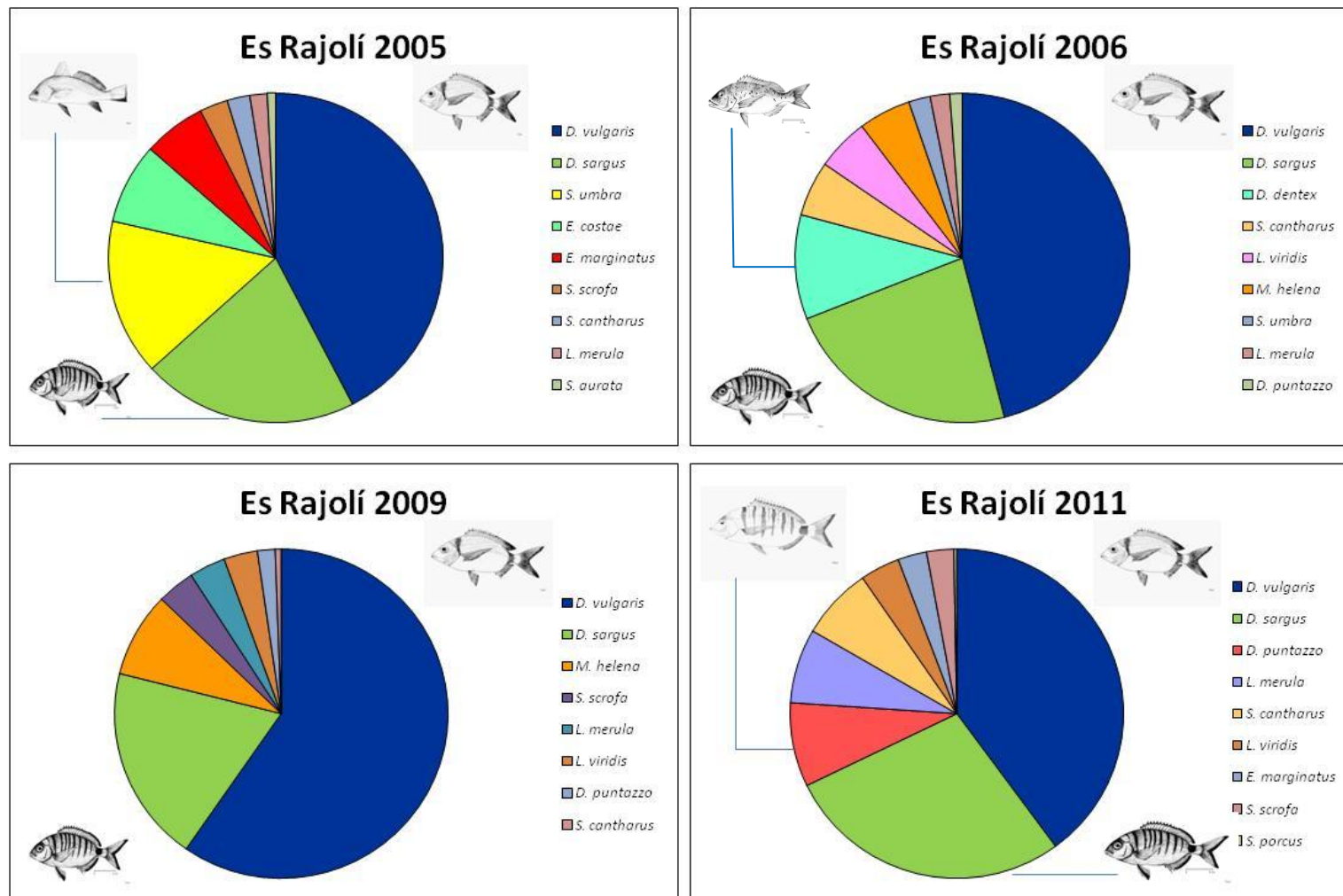


Figura 6. Importància relativa (%) respecte de la biomassa total de les espècies observades al control de Es Rajolí entre 2005 i 2011. En cada cas es representen les espècies que suposaren $\geq 75\%$ de la biomassa.

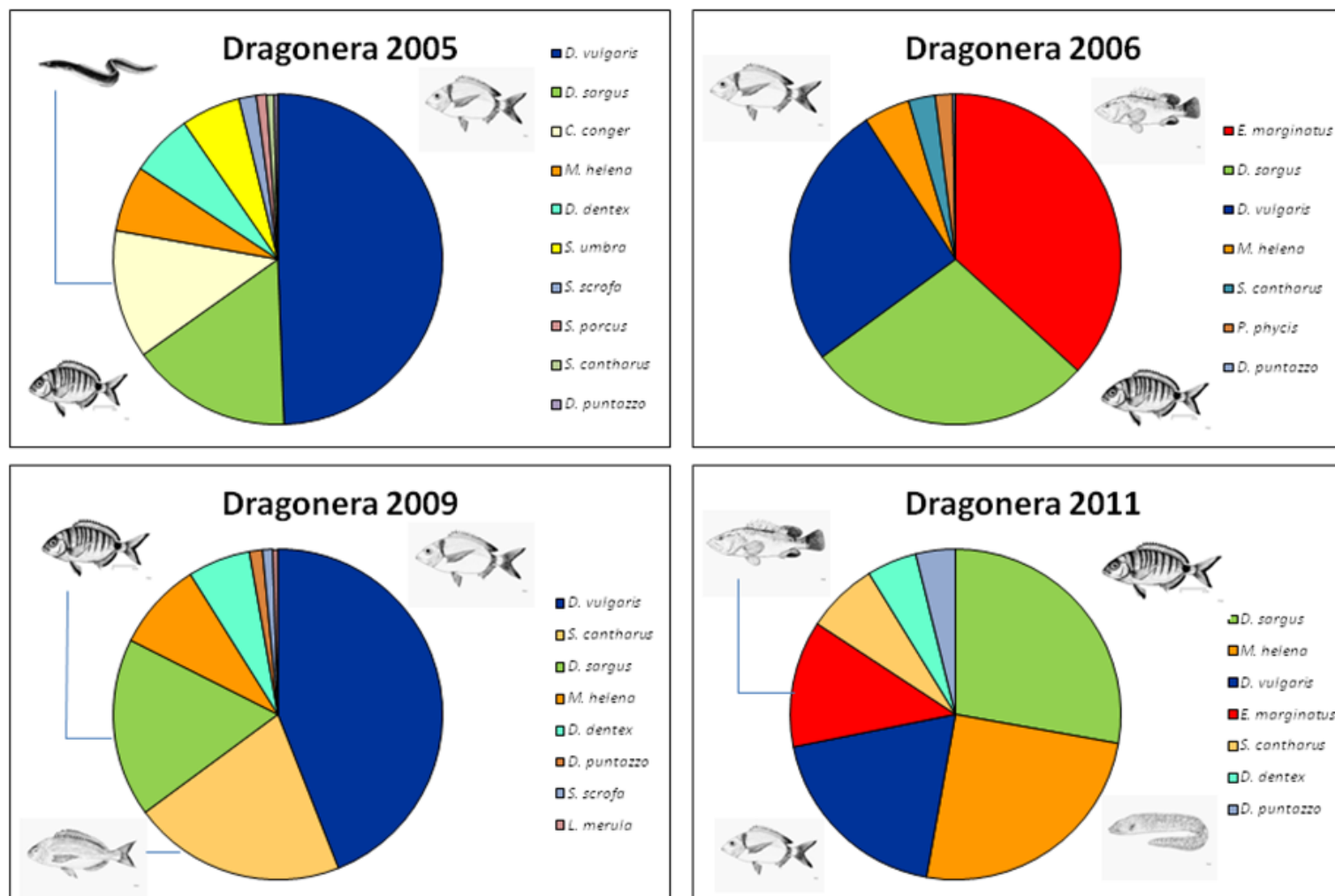


Figura 7. Importància relativa (%) respecte de la biomassa total de les espècies observades al control de Dragonera entre 2005 i 2011. En cada cas es representen les espècies que suposaren $\geq 75\%$ de la biomassa.

3.3. Les espècies més freqüents i abundants



3.3.1. La morruda. *Diplodus puntazzo*

La densitat de la morruda presentà valors molt baixos a totes les zones estudiades, situant-se en densitats de ≥ 1 individu/250 m² en només dues ocasions (Fig. 8). Amb tot, existí un increment general en la densitat de l'espècie, tot i que no se'n detectaren diferències entre distints nivells de protecció, ni per a la interacció TxP (Taula 6).

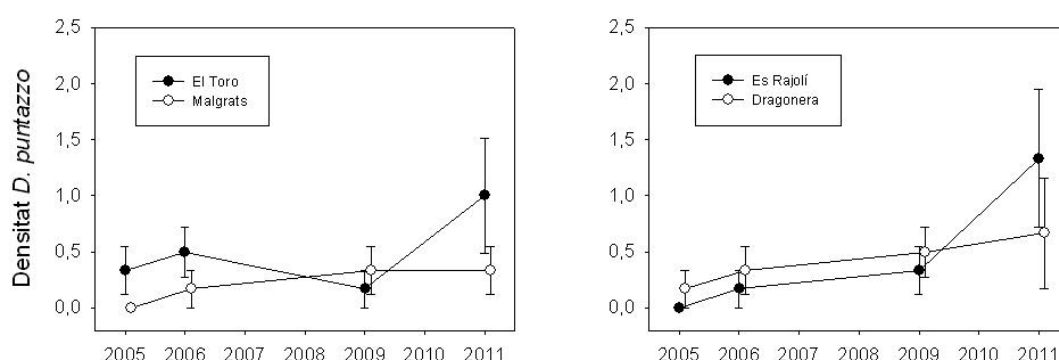


Figura 8. Densitat de *D. puntazzo* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 6. Anàlisi de la variància per a la densitat de *D. puntazzo*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	6,70833	3	2,23611	4,54103	0,005241
Protecció	0,16667	1	0,16667	0,33846	0,562206
Temps*Protecció	0,75000	3	0,25000	0,50769	0,677990
Error	43,33333	88	0,49242		

L'evolució de la biomassa de *D. puntazzo* seguí una tendència molt semblant a la de la densitat, tant en les zones protegides com a les zones control (Fig. 9). Durant els tres primers anys d'estudi, la biomassa a El Toro fou lleugerament superior a la de Malgrats, tot i que amb valors baixos que no assoliren els 90 g/250m². Només el 2011 s'observà un increment important a El Toro, quan s'arribà als 256,6 g. Quant als valors obtinguts a les zones control, a la Dragonera s'observà un augment entre 2006 i 2009, passant de biomasses inferiors a 20g/250m² a valors lleugerament per sobre dels 100 g, que es mantingueren el 2011. Pel que fa a Es Rajolí, després d'un increment sostingut

entre 2005 i 2009, el 2011 la biomassa augmentà considerablement fins els 255 g. En relació amb aquests valors, l'anàlisi de la variància detectà diferències únicament pel factor Temps, no existint-ne per tant entre els distints nivells de protecció ni per a la interacció T x P (Taula 7).

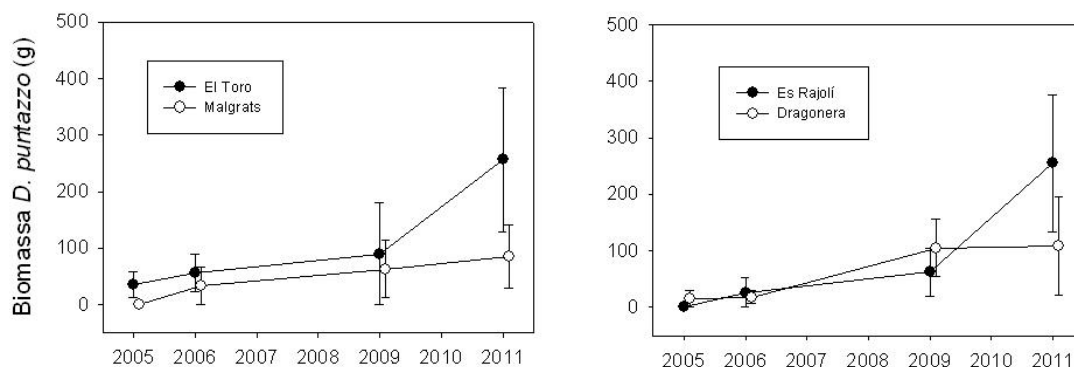


Figura 9. Biomassa de *D. puntazzo* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 7. Anàlisi de la variància per a la biomassa de *D. puntazzo*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	382536	3	127511,9	5,66001	0,001361
Protecció	335	1	335,3	0,01488	0,903186
Temps*Protecció	4327	3	1442,2	0,06402	0,978723
Error	1982514	88	22528,6		

El baix nombre d'exemplars censats no permetè realitzar anàlisis de talles per a *D. puntazzo*.

3.3.2. El sard. *Diplodus sargus*



Tant la densitat com la biomassa de sard mostraren diferències significatives entre les zones protegides i les obertes a la pesca, essent més elevades a dins les dues reserves (Figs. 10 i 11 i Taules 8 i 9). A El Toro, els dos indicadors augmentaren de forma continuada des de 2005 fins 2011, però durant el darrer any el factor d'increment respecte de 2005 de la biomassa fou lleugerament superior al de la densitat (2,7 vs. 1,8), producte de l'increment en la talla mitjana dels individus (Figs. 12 i 13). A la reserva de Malgrats l'augment de la densitat i la biomassa varen ser més acusats degut a que en el primer any els valors foren molt baixos (2,2, individus i 410 g per transsecte), incrementant-se per un factor de 7,4 i 8,4 respectivament, fins a situar-se en valors lleugerament per sobre dels de El Toro (Figs. 10 i 11). A les zones control, en general, els valors se situaren per devall dels enregistrats a les dues reserves, i amb l'excepció d'un increment a la Dragonera el 2006, aquests indicadors es mantingueren estables en els rangs 3-5,2 individus/250m² i 500-780 g/250m².

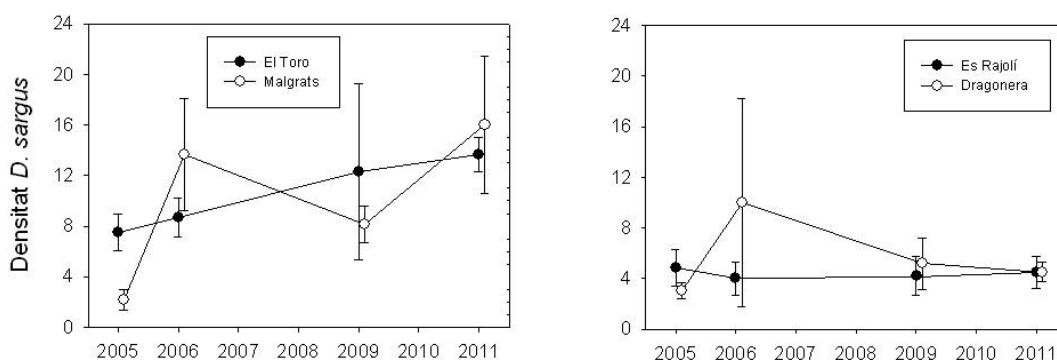


Figura 10. Densitat de *D. sargus* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 8. Anàlisi de la variància per a la densitat de *D. sargus*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; *p*= nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	<i>p</i>
Temps	405,208	3	135,069	1,99638	0,120352
Protecció	661,500	1	661,500	9,77723	0,002395
Temps*Protecció	275,417	3	91,806	1,35692	0,261266
Error	5953,833	88	67,657		

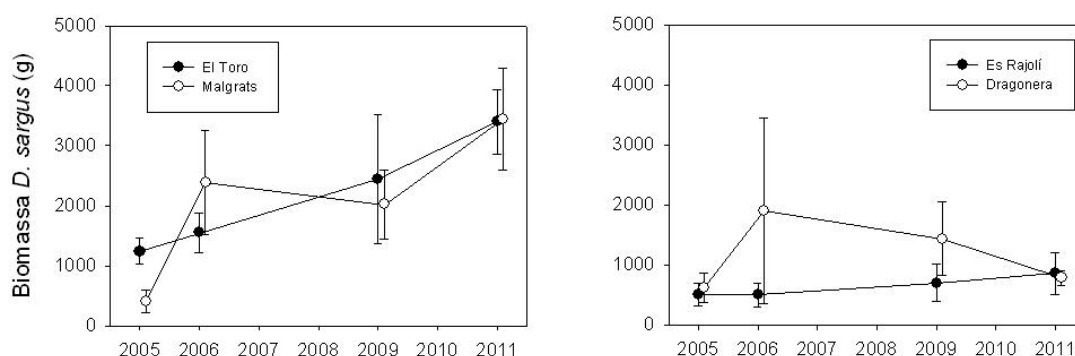


Figura 11. Biomassa de *D. sargus* (mitjana per transsecte $\pm EE$) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 9. Anàlisi de la variància per a la biomassa de *D. sargus*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significàcia.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	25526492	3	8508831	3,57135	0,017199
Protecció	34516574	1	34516574	14,48737	0,000260
Temps*Protecció	18191096	3	6063699	2,54507	0,061183
Error	209662463	88	2382528		

A l'interior de les zones protegides el sard experimentà un clar augment de la seva talla mitjana (Fig. 12). A El Toro s'incrementà en 3,3 cm (rang: 19,8-23,1 cm) i a Malgrats en 1,9 cm (rang: 20,3-22,2 cm). A Es Rajolí, zona oberta a la pesca, també s'observà un clar increment en la talla mitjana, creixent 3,7 cm però tenint en compte que les talles foren inferiors a les de les reserves (rang: 17,9-21,6 cm). A la Dragonera, en canvi, la talla mitjana es reduí de 22,1 a 21,3 cm entre 2005 i 2011, tot i que durant 2009 s'enregistrà la major talla mitjana (24,9 cm).

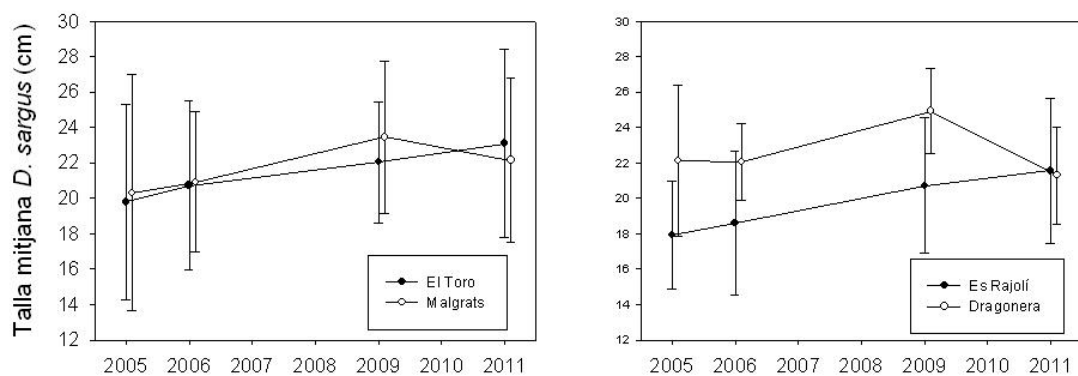


Figura 12. Evolució de la talla mitjana de *D. sargus* en els diferents nivells de protecció.

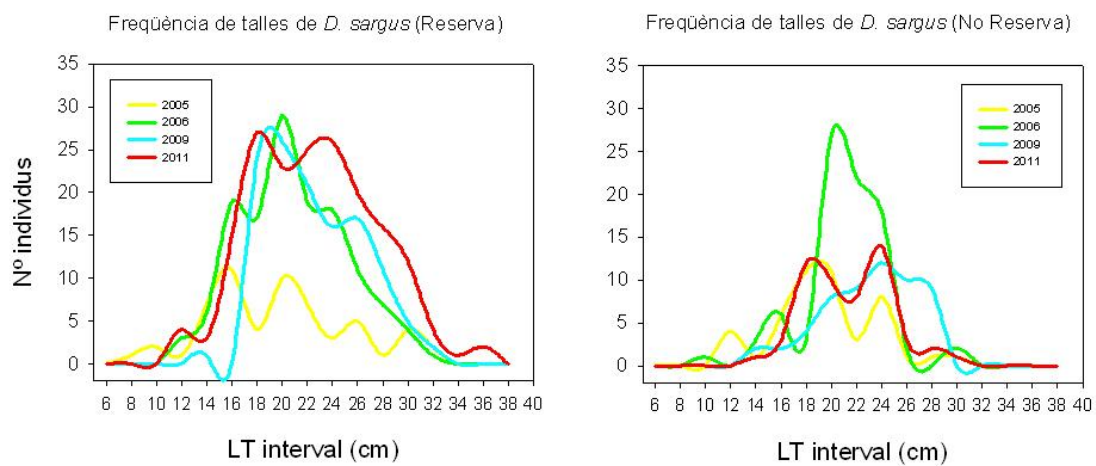
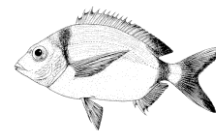


Figura 13. Freqüències de talles de *D. sargus* en els diferents nivells de protecció.

3.3.3. La variada. *Diplodus vulgaris*



Ni la densitat ni la biomassa de la variada mostraren diferències significatives per a cap dels factors analitzats (Figures 14 i 15 i Taules 10 i 11). En general, els valors dels dos paràmetres foren similars entre les zones de reserva i les zones no protegides, havent-se de destacar només el cas de Malgrats, on durant els anys 2006 i 2009 s'enregistraren densitats superiors a les de la resta de zones. Amb tot, cal remarcar que l'ANOVA no va detectar diferències per a cap factor, ja que en no haver-hi homogeneïtat de les variàncies s'hagué de devallar el nivell de significància a $<0,01$.

El patró de variació de la densitat fou similar a totes les zones, observant-se increments progressius que no es mantingueren durant 2011, quan l'abundància de *D. vulgaris* tornà a devallar a valors similars als de 2005 o fins i tot inferiors en el cas de Dragonera (Fig. 14).

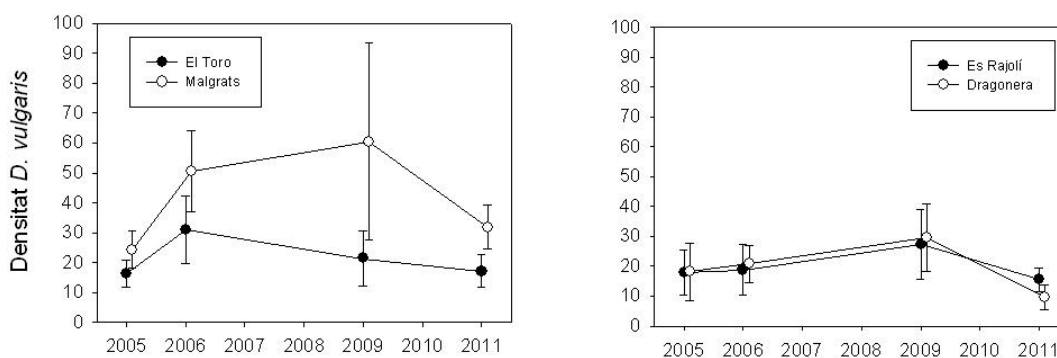


Figura 14. Densitat de *D. vulgaris* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 10. Anàlisi de la variància per a la densitat de *D. vulgaris*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	4720,83	3	1573,61	1,91568	0,133683
Protecció	3384,38	1	3384,38	4,12006	0,045702
Temps*Protecció	1048,13	3	349,38	0,42532	0,735374
Zona(Protecció)	4982,71	2	2491,35	3,03292	0,053749
Temps*Zona(Protecció)	1736,29	6	289,38	0,35229	0,906589
Error	65715,00	80	821,44		

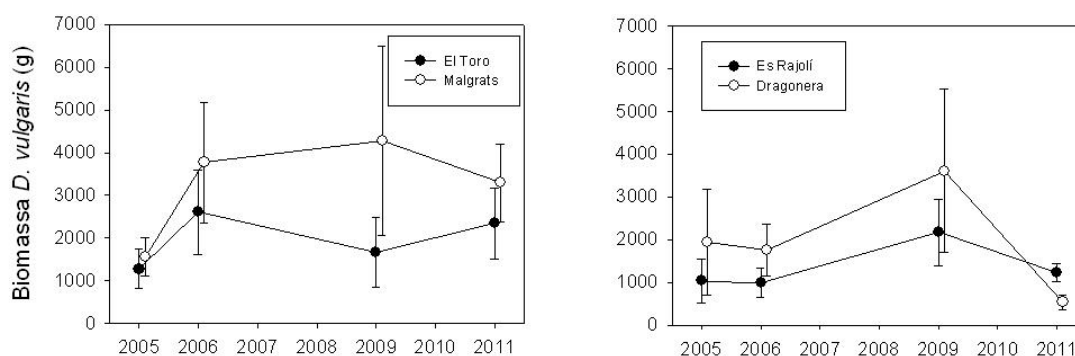


Figura 15. Biomassa de *D. vulgaris* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 11. Anàlisi de la variància per a la biomassa de *D. vulgaris*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significàcia.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	28655126	3	9551709	1,48360	0,225293
Protecció	21259805	1	21259805	3,30213	0,072935
Temps*Protecció	20893237	3	6964412	1,08173	0,361688
Zona(Protecció)	23196503	2	11598251	1,80147	0,171687
Temps*Zona(Protecció)	16219283	6	2703214	0,41987	0,863770
Error	515056950	80	6438212		

La talla mitjana de la variada a les dues reserves es mostrà estable entre 2005 i 2009, augmentant molt lleugerament a El Toro (de 16,6 a 17 cm) i Malgrats (15,8 a 16 cm) (Fig. 16). El 2011, en canvi, s'observà un major increment, assolint els 20 i 18,1 cm, respectivament. Aquestes tendències també es manifestaren a les freqüències de talles (Fig. 17), on s'observà un progressiu desplaçament de les distribucions cap a talles majors. Les zones control diferiren entre sí, ja que a Es Rajolí la talla mitjana augmentà durant els tres primers anys (rang: 15-16,9 cm; Fig. 12), per decreixer mínimament el 2011 (16,6 cm). A la Dragonera, la talla mitjana de *D. vulgaris* experimentà oscil·lacions, situant-se finalment en valors inferiors als del primer any (18,6 vs. 14,9 cm).

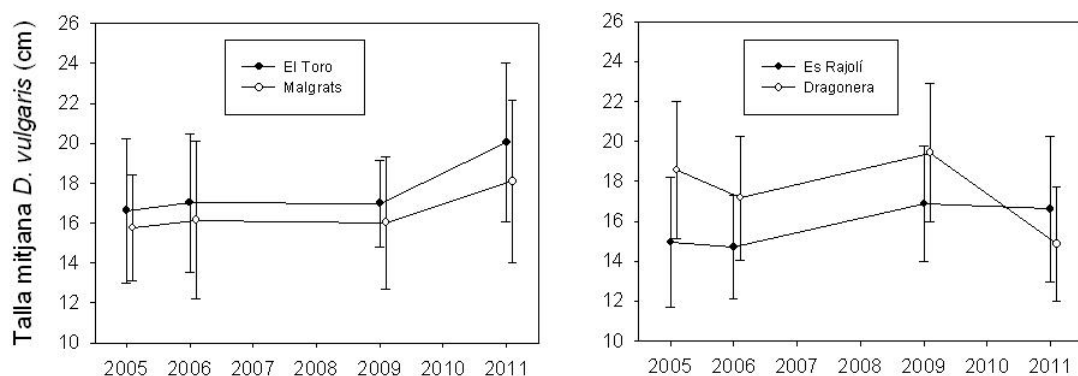


Figura 16. Evolució de la talla mitjana de *D. vulgaris* en els diferents nivells de protecció.

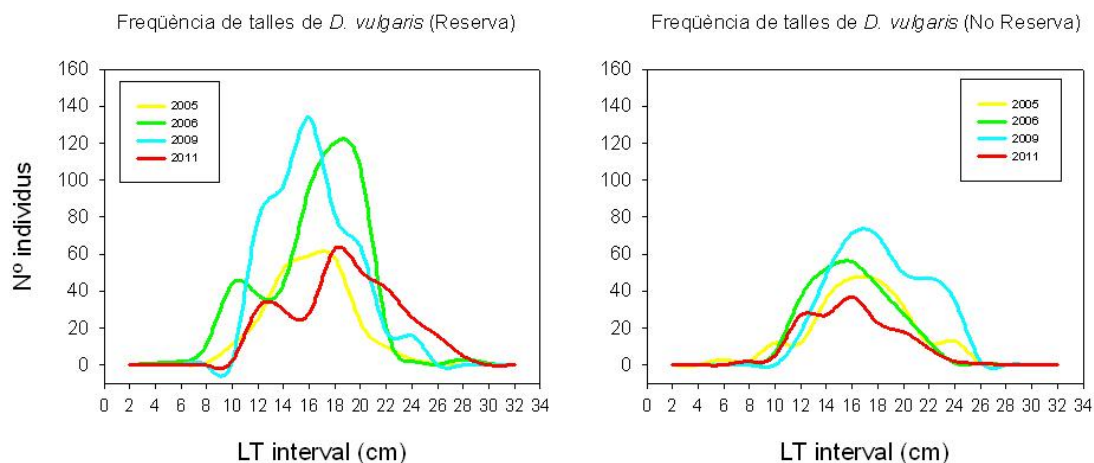


Figura 17. Freqüències de talles de *D. vulgaris* en els diferents nivells de protecció.

3.3.4. L'anfós. *Epinephelus marginatus*



En el cas de l'anfós, l'ANOVA detectà diferències significatives per a tots els factors i interaccions analitzats sobre la densitat i la biomassa (Taules 12 i 13). El major pes d'aquestes diferències es degué a l'evolució experimentada per la població a El Toro, on dins el període analitzat s'incrementà molt notablement (Figs. 18 i 19). En aquest sentit, cal ressenyar que, tot i el descens observat entre 2006 i 2009, en què es passà de 3 a 1 individu/250m², el nombre mitjà d'exemplars per transsecte entre 2005 i

2011 augmentà de 1 a 5,5 (és a dir, per un factor de 5), mentre que la biomassa va passar de 856 g a 18420 g/250m² (i.e. x21,5), essent aquest un valor extraordinàriament elevat en el context de les Illes Balears. A aquesta tendència contribuï l'increment en la talla dels exemplars (Figs. 20 i 21). Així per exemple, tot i que el valor de densitat fou el mateix per als anys 2005 i 2009, la biomassa resultant de 2009 es triplicà respecte del primer any.

A Malgrats l'evolució de la població d'anfós no va resultar tan espectacular com a El Toro. Entre l'any inicial i final la densitat es multiplicà per un factor de 1,3, mentre que la biomassa ho va fer per 3,2, trobant-se el rang de biomassa entre 393 i 1351 g/250m².

Als controls els valors foren molt menors, on només cal destacar la biomassa d'*E. marginatus* a la Dragonera durant el 2006 (Fig. 19), quan puntualment assolí un valor de 2480 g/250m², proper al corresponent a El Toro durant 2009. Degut al baix nombre d'exemplars censats, a les zones control no es pogueren determinar la talla mitjana ni les freqüències de talles de l'espècie.

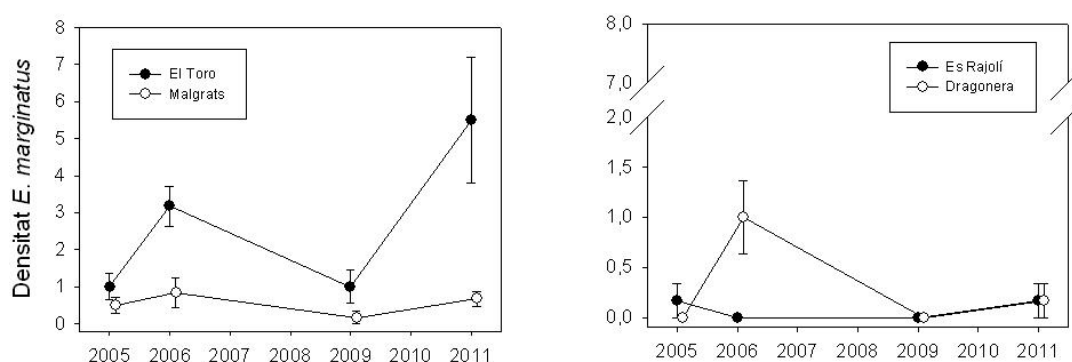


Figura 18. Densitat d'*E. marginatus* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi. Noti's la diferència d'escala entre els dos gràfics.

Taula 12. Anàlisi de la variància per a la densitat d'*E. marginatus*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	30,0417	3	10,01389	6,71322	0,000425
Protecció	48,1667	1	48,16667	32,29050	0,000000
Temps*Protecció	21,0833	3	7,02778	4,71136	0,004435
Zona(Protecció)	54,7083	2	27,35417	18,33799	0,000000
Temps*Zona(Protecció)	37,6250	6	6,27083	4,20391	0,001001
Error	119,3333	80	1,49167		

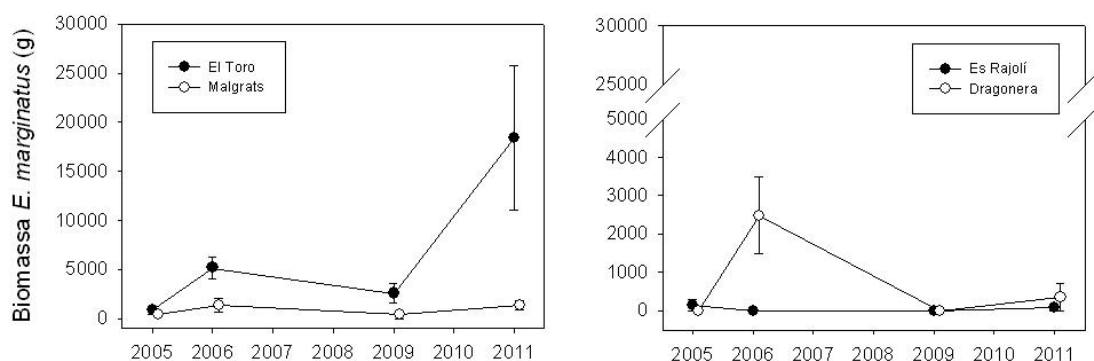


Figura 19. Biomassa d'*E. marginatus* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi. Noti's la diferència d'escala entre els dos gràfics.

Taula 13. Anàlisi de la variància per a la biomassa d'*E. marginatus*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	326685533	3	108895178	4,94174	0,003368
Protecció	282373706	1	282373706	12,81432	0,000588
Temps*Protecció	317722099	3	105907366	4,80615	0,003960
Zona(Protecció)	419317652	2	209658826	9,51447	0,000196
Temps*Zona(Protecció)	531933181	6	88655530	4,02325	0,001426
Error	1762863601	80	22035795		

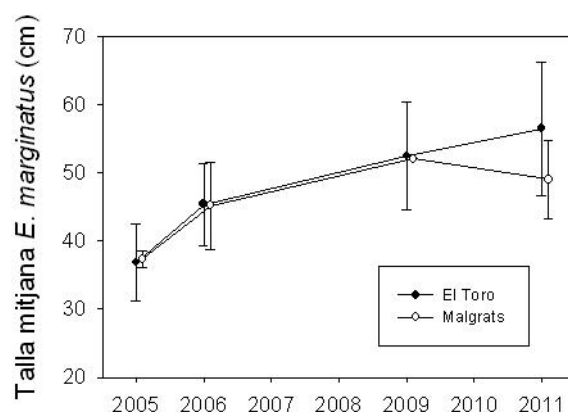


Figura 20. Evolució de la talla mitjana d'*E. marginatus* dins les dues zones de reserva.

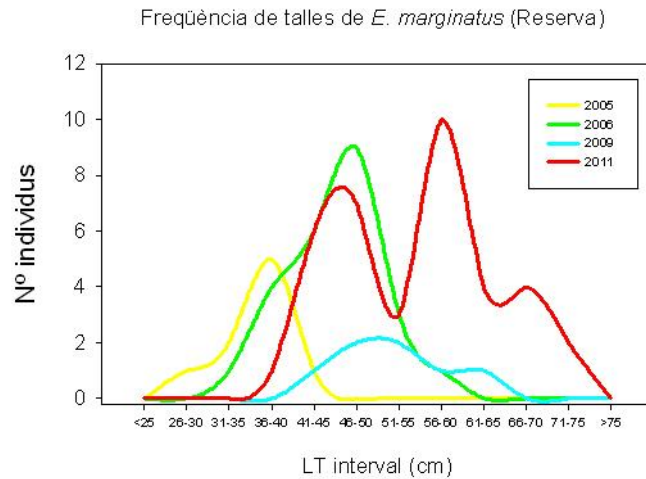
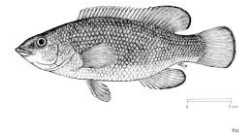


Figura 21. Frequències de talles d'*E. marginatus* dins les dues zones de reserva.

3.3.5. Els grans làbrids. *Labrus merula*, *Labrus mixtus* i *Labrus viridis*



Aquestes espècies presenten una semblança biològica i ecològica elevada i s'han tractat conjuntament com a gènere *Labrus*. Les densitats enregistrades foren molt baixes a les quatre zones, amb un màxim de 0,8 individus per transsecte a Malgrats l'any 2009 (Fig. 22). Les zones protegides presentaren major densitat que les zones control (Taula 14), bàsicament degut a l'efecte de la Dragonera, on únicament durant 2009 es censaren exemplars de *Labrus* spp., mentre que a la resta d'anys no s'observà cap individu.

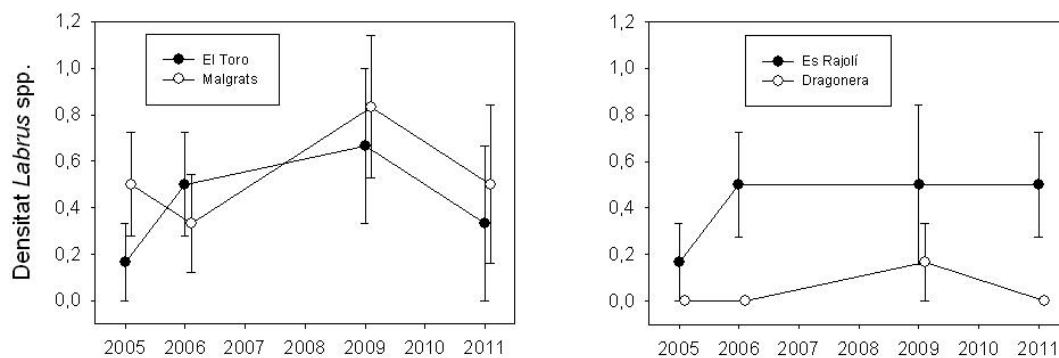


Figura 22. Densitat de *Labrus* spp. (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 14. Anàlisi de la variància per a la densitat de *Labrus spp.* SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	0,089814	3	0,029938	1,25247	0,296390
Protecció	0,109184	1	0,109184	4,56776	0,035633
Temps*Protecció	0,024443	3	0,008148	0,34087	0,795826
Zona(Protecció)	0,156132	2	0,078066	3,26592	0,043308
Temps*Zona(Protecció)	0,059180	6	0,009863	0,41263	0,868628
Error	1,912261	80	0,023903		

La biomassa augmentà a les dues reserves i a Es Rajolí. Aquest increment va ser linial excepte en el cas de Malgrats, on el màxim s'obtingué durant 2009 (Fig. 23). Amb tot, la biomassa no presentà diferències significatives per a cap dels factors i interaccions analitzats (Taula 15). La baixa abundància d'exemplars de *Labrus spp.* no permetè realitzar anàlisis de talles, però de forma genèrica hom pot apreciar un increment en la mida dels individus comparant l'evolució de la densitat amb la de la biomassa. A El Toro la densitat augmentà entre 2005 i 2009 (per un factor de x3 i x4, respectivament), mentre que el 2011 tornà minvar, mentre que la biomassa s'incrementà de forma continuada (x11, x31 i x34, respectivament).

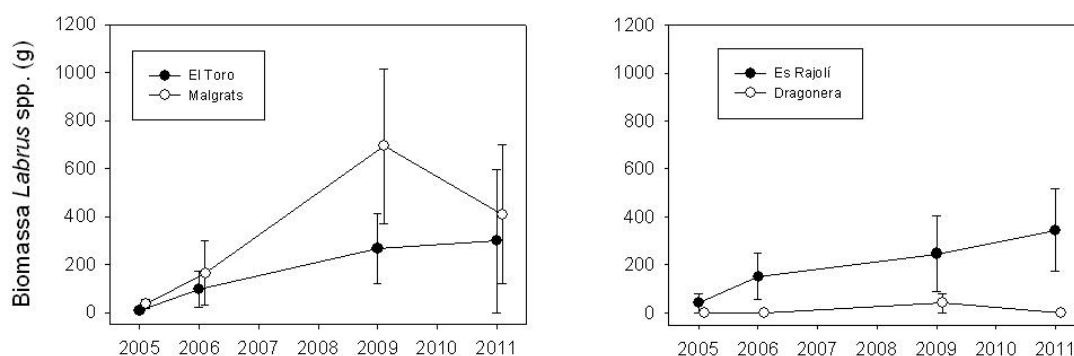
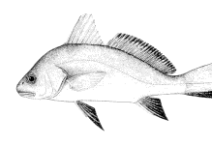


Figura 23. Biomassa de *Labrus spp.* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi.

Taula 15. Anàlisi de la variància per a la biomassa de *Labrus* spp. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; *p*= nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	<i>p</i>
Temps	1325803	3	441934	3,02028	0,034538
Protecció	496175	1	496175	3,39097	0,069261
Temps*Protecció	400285	3	133428	0,91188	0,439111
Zona(Protecció)	712021	2	356011	2,43305	0,094238
Temps*Zona(Protecció)	441302	6	73550	0,50266	0,804609
Error	11705800	80	146323		



3.3.5. L'escorball. *Sciaena umbra*

L'escorball és una espècie gregària, que tendeix a formar grups més o manco nombrosos. Això fa que puguin existir diferències notables entre transectes dins una mateixa zona, la qual cosa es tradueix en una elevada dispersió dels valors mitjans de densitat i biomassa, tal com es pot observar a la figura 24.

La densitat i la biomassa d'escorbals a El Toro augmentà entre 2005 i 2009, tot i que aquesta tendència no va ser contínua (Figs. 24 i 25). Amb tot, entre 2005 i 2011 la densitat s'incrementà per un factor de 1,6 i la biomassa per 2,2. A Malgrats s'enregistrà un descens en la densitat al segon any, per tornar remuntar a valors propers als inicials. Quant a la biomassa, després de l'estabilitat mostrada els dos primers anys, experimentà un augment el 2009 (x1,6) i 2011 (x2,4) situant-se en valors superiors als de El Toro (Fig. 24). Aquesta diferència en els patrons de densitat i biomassa està lligada a l'evolució de la talla dels exemplars (Figs. 26 i 27), ja que mentre a El Toro la talla mitjana s'incrementà en 4 cm (rang: 31,4–35,4cm), a Malgrats es produí un major increment (9,6 cm; rang: 29,2-38,8cm).

A les zones control les densitats i biomasses enregistrades foren molt baixes. De fet, a Es Rajolí només s'observaren escorbals els dos primers anys i a la Dragonera només el 2005. D'aquí que l'anàlisi de les variàncies detectàs diferències tant en densitat com en biomassa degudes al nivell de protecció (taules 16 i 17).

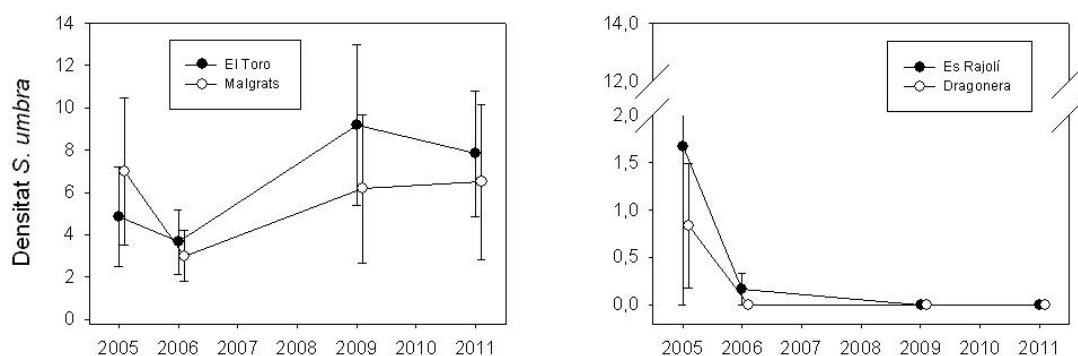


Figura 24. Densitat de *S. umbra* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi. Noti's la diferència d'escala entre els dos gràfics.

Taula 16. Anàlisi de la variància per a la densitat de *S. umbra*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	0,27599	3	0,09200	0,80036	0,496946
Protecció	8,45323	1	8,45323	73,54237	0,000000
Temps*Protecció	0,39202	3	0,13067	1,13684	0,338703
Error	10,11504	88	0,11494		

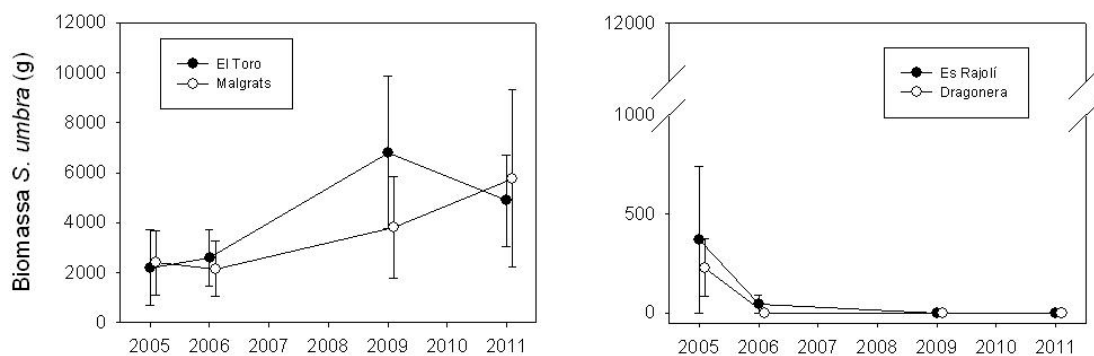


Figura 25. Biomassa de *S. umbra* (mitjana per transsecte $\pm$ EE) a les zones de reserva i zones control durant els quatre anys d'estudi. Noti's la diferència d'escala entre els dos gràfics.

Taula 17. Anàlisi de la variància per a la biomassa de *S. umbra*. SQ: suma de quadrats; GLL: graus de llibertat; MQ: mitjana quadràtica; F= F test; p = nivell de significància.

	SQ	GLL	MQ	F	p
Temps	48048211	3	16016070	1,27499	0,287951
Protecció	336606592	1	336606592	26,79623	0,000001
Temps*Protecció	59818823	3	19939608	1,58733	0,198143
Error	1105431074	88	12561717		

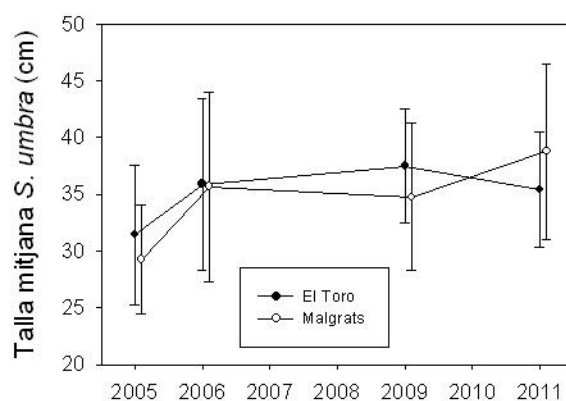


Figura 26. Evolució de la talla mitjana de *S. umbra* dins les dues zones de reserva.

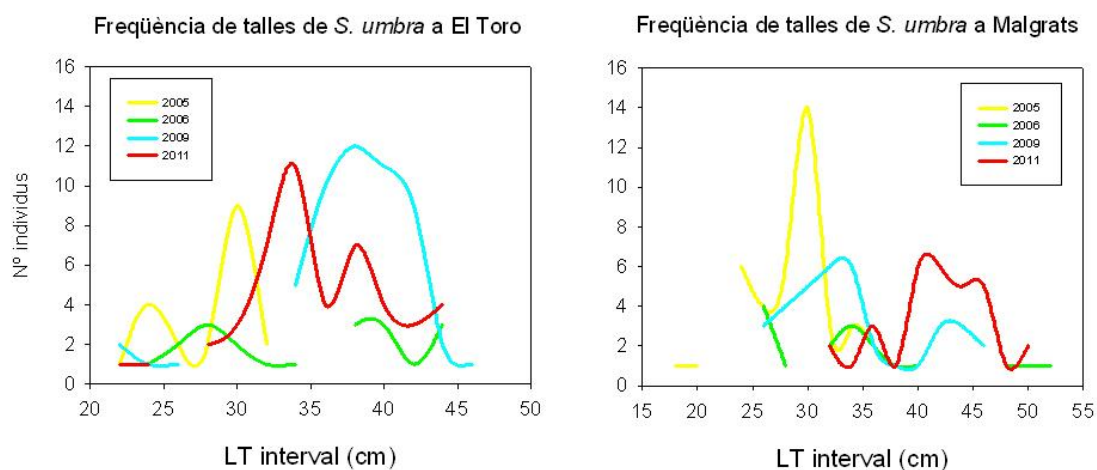


Figura 27. Freqüències de talles de *S. umbra* dins les dues zones de reserva.

4. CONCLUSIONS I COMENTARIS

Els resultats obtinguts en la campanya de 2011 són destacables ja que han posat de manifest el bon funcionament de les reserves de El Toro i Malgrats. Després de 7 anys de protecció (i només 3 amb vigilància), ambdues reserves han experimentat un increment notable en la majoria dels principals indicadors, que les situa en posicions capdevanteres en el context de les AMPs de les Illes Balears.

L'evolució de la biomassa total a ambdues reserves no permet determinar amb exactitud si s'ha assolit la capacitat de càrrega. Així com a Malgrats la biomassa total d'espècies vulnerables sembla haver-se estabilitzat en torn dels 16000 g/250m² entre 2009 i 2011, a El Toro valors similars s'obtingueren el 2006 i 2009, mentre que el 2011 experimentà un considerable increment fins a pràcticament el doble. Degut a que el 58% d'aquesta biomassa total es degué a *E. marginatus*, hom pot pensar que aquests resultats estiguin esbiaixats a conseqüència del comportament reproductiu (i.e. gregari) de l'espècie durant l'estiu. De fet, existeix una elevada dispersió dels valors de densitat i de biomassa d'anfós a la reserva de El Toro (i, en conseqüència, de Bt), resultat d'uns pocs transsectes amb valors molt alts. No obstant això, el fet que la sèrie temporal només inclou 4 anys, i sembla molt susceptible d'experimentar descensos respecte del 2011, es fa recomanable ampliar-la per tal de poder definir en quin moment s'assolirà la capacitat de càrrega de les dues reserves.

En qualsevol cas, és imprescindible tenir en compte que a les reserves de El Toro i Malgrats s'hi permet la pesca recreativa durant 6 mesos de l'any, essent la modalitat de curricà de fons la més freqüent, seguida del volantí. El fet que aquestes modalitats afecten a espècies tractades en els censos visuals suggereix que la capacitat de càrrega no s'ha assolit degut a la mortalitat per pesca encara existent a les dues reserves (en especial sobre les espècies amb major caràcter resident com els anfibis, el caproig, els làbrids o els espàrids).

Arribats a aquest punt és imprescindible fer referència al treball de Coll *et al.* (en premsa) sobre la capacitat de càrrega de tres reserves marines de les Illes Balears: Nord de Menorca, Badia de Palma, i Freus d'Eivissa i Formentera. Aquests autors concloeren que, a les zones de reserva integral, la capacitat de càrrega (K) s'assolí dins els 5 primers anys de protecció, tot i que aquesta K difereix entre reserves i existeixen diferències quant al temps per assolir-la (rang: 5-7,9 anys). Guidetti i Sala (2007) suggeriren que la resposta de cada AMP a la protecció depèn de factors físics i biològics

locals, i Coll *et al.* (en premsa) indicaren que, en general, la K de les tres reserves analitzades queda lluny d'altres àrees considerades com a *hotspots* dins el Mediterrani. Així, mentre la Bt obtinguda a aquestes tres reserves de les Illes Balears se situà en el rang 2,3 – 4,2 kg/250m² (equivalents a 9,2 – 16,6 t/km² excepte en el cas d'un dels sites de la reserva dels Freus -27,6 t/km²-), García-Charton *et al.* (2004), considerant el mateix grup d'espècies incloses en aquest informe, obtingueren valors de 25,6 t/km² al Parc Nacional de Cabrera, 27,6 t/km² a la reserva marina de Cabo de Palos, 32,4 t/km² a la reserva marina de Cabo de Gata, i de 103,6 t/km² a la reserva marina de Columbretes. Els valors de Bt obtinguts a les reserves de El Toro i Malgrats les situen dins aquesta categoria de *hotspots*, considerant tant la referència del primer any d'estudi (2005), amb valors de 28,7 t/km² i 22,6 t/km², respectivament, com de 2011, on s'arribà a valors de Bt de 128,9 t/km² i 62,4 t/km².

Entre El Toro i Malgrats existeixen diferències quant a les espècie dominants. A El Toro la principal espècie en termes de biomassa és l'anfós, mentre que a Malgrats ho són l'escorball, el sard i la variada. Aquestes diferències són molt probablement reflexe de les diferents condicions ambientals de les dues reserves. En aquest sentit, Reñones *et al.* (2011) identificaren les variables ambientals que determinen la distribució de l'anfós *E. marginatus* al PN de Cabrera. La similitud de l'hàbitat existent a la reserva de El Toro amb les variables que defineixen l'hàbitat òptim dels adults d'aquesta espècie (presència de corrents, fons amb pendent, petits extensions de blocs amb elevada rugositat, i a profunditats superiors a 17 m) posen de manifest que es tracta d'una reserva òptima per a l'anfós. A més, la dominància d'exemplars madurs, per sobre de la L₅₀= 50 cm obtinguda a Cabrera, indica que aquesta reserva esdevé una zona de reproducció per a l'espècie.

Les conclusions d'aquest estudi evidencien l'èxit de les reserves de El Toro i Malgrats. Es posa de manifest que les mesures de gestió, tant pel que fa a regulació d'activitats com a l'esforç de la vigilància, han tengut un efecte molt positiu sobre les poblacions d'espècies vulnerables, fins al punt de convertir aquestes àrees en zones de referència dins el Mediterrani. No obstant això, cal no obviar l'efecte que pot exercir la pesca sobre aquestes poblacions, i que no ha estat quantificat, més tenint en compte que, per a moltes de les espècies indicadores, l'extensió d'hàbitat òptim dins aquestes dues reserves és més bé limitat.

5. BIBLIOGRAFIA CITADA AL TEXT

- BALLESTEROS, E., GARCIA-RUBIES, A., CEBRIÁN, E., i COLL, J., 2003. Estudi sobre la cartografia, biodiversitat i efecte reserva en tres reserves de les Illes Balears. Technical report of CEAB-CSIC. Blanes, Spain.
- BELL, J.D. 1983. Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean sea. *Journal of Applied Ecology*, 20: 357-369.
- BELL, J.D., CRAIK, G.J.S., POLLARD, D.A & B.C. RUSSELL. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs*, 4: 41-44.
- COLL, J. 1999. Estudio del efecto reserva sobre especies vulnerables a la pesca submarina en el Parque Nacional de Cabrera. Memoria de Investigación de la tesis doctoral, dirigida por el Dr. A. Garcia-Rubies. Universitat de les Illes Balears.
- COLL, J., GARCIA-RUBIES, A., MOREY, G. & GRAU, A.M. en premsa. The carrying capacity and the effects of protection level in three MPAs in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina*.
- FRANCOUR, P. 1991. Ichtyofaune de la reserve naturelle de Scandola (Corse Méditerranée nord-occidentale). Influence spatiale et temporelle de l'effect de réserve. *Trav.Sci.parc nat.reg.nat. Corse Fr*, 31: 1-33.
- GARCÍA-CHARTON J.A., PÉREZ-RUZAF A., SÁNCHEZ-JEREZ P., BAYLE-SEMPERE J-T., REÑONES O., MORENO D. 2004. Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Mar. Biol.* 144: 161-182.
- GARCIA-RUBIES, A & J. COLL. 2004 a. Evolució de la ictiofauna litoral de la reserva dels Freus d'Eivissa i Formentera: 2000-2003. Informe Final. Centre d'Estudis Avançats de Blanes.
- GARCIA-RUBIES, A & J. COLL. 2004 b. Evolució de la ictiofauna litoral de la reserva de s'Arenal-cap Regana: 2000-2003. Informe Final. Centre d'Estudis Avançats de Blanes.
- GARCIA-RUBIES, A. i ZABALA, M. 1990. Effects of total fishing prohibition on the rocky fish assemblages of Medes Islands marine reserve (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 54: 317-328.
- GREENE, L.E. i ALEVIZON, W.S. 1989. Comparative Accuracies of Visual assesment methods for coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci.*, 44: 899-912.
- GUIDETTI, P. i SALA, E.. 2007. Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 335: 43-56.

- HARMELIN, J-G. 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc national de port Cros, France). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 8: 263-284.
- 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.
- 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.
- JOUVENEL, J-Y i POLLARD, D.A. 2001. Some effectes of marine reserve protection on the population structure of two spearfishing target-fish species, *Dicentrarchus labrax* (Moronidae) and *Sparus aurata* (Sparidae), in shallow inshore waters, a long a rocky coast in the northwestern Mediterranean Sea.. *Aquat Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 11: 1-9.
- LUCKHURST, B.E. i LUCKHURST, K. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Mar. Biol*, 49: 317-323.
- MOREY, G., J. MORANTA., E. MASSUTI, A. GRAU, M. LINDE, F. RIERA & B. MORALES-NIN. 2003. Weight-length relationship of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62: 89-96.
- ORDINES, F., J. MORANTA, M. `PALMER, A. LERYCKE, A. SUAUA, B. MORALES-NIN, A.M. GRAU. 2005. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediteranean Sea. *Mar. Ecol.Prog. Ser.*, 304: 221-233.
- REÑONES, O., COLL, J. ÁLVAREZ, D., MOREY, G. NAVARRO, O., STOBART, B., RUEDA, L., GRAU, A.M. i GOÑI, R. 2011. Estudio del patrón de movimientos e identificación de hábitats esenciales del mero *Epinephelus marginatus* como criterios para la conservación y gestión de la especie: caso de estudio, el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Informe Final. Ayudas a la investigación en materias relacionadas con la Red de Parques Nacionales.
- UNDERWOOD, A.J. 1997. Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge. University Press.
- ZAR, J.H., 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Inc. New Jersey.