

Avaluació dels recursos íctics litorals de la Reserva Marina del Nord de Menorca. Resultats del període 2000 – 2011.



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

Revisat per Antoni M. Grau i Jofre ^b

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

Projecte FEP 321NBAL00005



ÍNDEX

INTRODUCCIÓ I ANTECEDENTS	Pàg. 1
METODOLOGIA	Pàg. 2
RESULTATS	Pàg. 8
CONCLUSIONS I COMENTARIS	Pàg. 26
BIBLIOGRAFIA CITADA AL TEXT	Pàg. 29

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 la Reserva Marina del Nord de Menorca (RMNM) realitzat en el marc d’aquest projecte i els compara amb els desenvolupats des de la creació de la reserva el 1999. Després d’uns anys (2000-2003) amb una freqüència de mostreig elevada, des de 2004 fins a l’actualitat tan sols s’han realitzat tres campanyes de presa de dades. En conjunt, se disposa d’un total de 9 temps de mostreig en el període d’onze anys (2000-2011), la qual cosa ens permet extreure conclusions importants sobre el funcionament de la reserva marina, de la normativa i gestió aplicades i del propi funcionament de l’ecosistema en aquest indret de l’Arxipèlag Balear.

El gruix de l’informe es basa en la comparació d’indicadors sobre l’estat de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca entre tres nivells de gestió diferents i al llarg del temps. La normativa vigent des de la creació de la reserva marina no ha variat substancialment en cap dels tres nivells de protecció comparats i, per tant, els canvis observats es poden relacionar amb el propi estatus de protecció inicial de cada àrea. L’evolució d’aquests indicadors dins la reserva integral (entre cala Barril i es Pla de Mar) i a les zones control obertes a la pesca (punta Pentiner i sa Punta Grossa) ha estat sotmesa a unes condicions antròpiques més estables i esperables que en el cas de la reserva parcial, on la pressió antròpica ha sofert variacions importants en aquests anys. El seguiment paral·lel dels usos que es desenvolupen dins la reserva marina per part del personal de vigilància del Consell Insular és en aquest cas indispensable per a la interpretació dels resultats.

En conjunt, els resultats dels present informe tècnic confirmen l’efectivitat de la metodologia emprada i obren noves hipòtesis, el contrast de les quals podrà millorar la gestió dels recursos pesquers dins totes les actuals i futures àrees marines protegides (AMPs) de les Illes Balears.

2. METODOLOGIA

Àrees d'estudi

La Reserva Marina del Nord de Menorca fou declarada el 1999 encara que la vigilància no s'inicià fins el 2000. Entre 2000 i 2002 la vigilància es va combinar des de terra i des d'embarcació. Des de 2002 la RMNM té una embarcació pròpia amb una tripulació de 3 persones per patrullar exclusivament l'àrea protegida. A dia d'avui, podem tractar aquesta AMP com a de nivell 5 o institucionalitzada, segons la classificació que fan White *et al.*, (2006) en funció del temps de protecció, de la vigilància i de la implicació de les institucions. Com a les altres AMPs de Balears, la RMNM consta d'una zona de protecció màxima o àrea *no-take* on està prohibida qualsevol extracció de recursos marins i el busseig amb escafandre autònom. A la resta de la reserva o reserva parcial, està prohibida la pesca d'arrossegament, la d'encerclament i es permeten modalitats de pesca artesanal i recreativa amb majors limitacions que a l'exterior de la AMP. Totes les modalitats de pesca recreativa permeses tenen una quota màxima de captura de 5 Kg més una peça per pescador i dia així com la prohibició absoluta de captura de certes espècies.

L'extensió de la RMNM és de 5.199 Ha i té una reserva integral principal de 838 Ha. Al seu extrem oriental i dins la badia de Fornells existeix una altra reserva integral més reduïda de 217 Ha sobre fons tous. A la resta de la reserva es pesca comercialment amb tremalls, xarxes molleres, xarxes gerreteres, boleros, soltes i palangró per part d'una flota que té port dins la mateixa reserva i un nombre de 12 embarcacions d'arts menors. La pesca recreativa es centra en volantí, fluixa i canya des de terra i està vedada permanentment en una àrea al voltant de la principal reserva integral (Fig. 1).

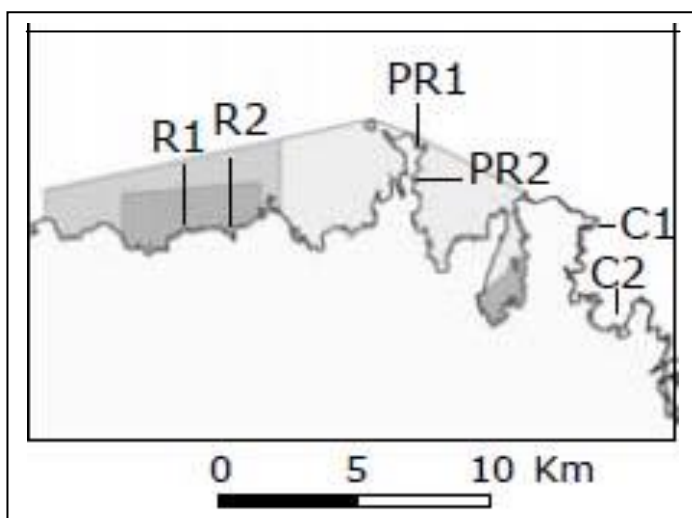


Figura 1. Llocs d'estudi a la RMNM. R1 i R2 dins la reserva integral; PR1 i PR2 a la reserva parcial i C1 i C2 que són els controls fora de la reserva

En aquesta AMP és on hi ha major dominància de fons rocosos, amb un total de 2.447 Ha i que no es limiten al cinturó costaner sinó que en molts punts hi a continuïtat de roca des dels primers metres fins a aigües circalitorals a més de 45 m de fondària. Els altres fons dominants són les arenes fines i l'alguer de *Posidonia oceanica* que en gran part de la AMP creix sobre fons rocós (Ballesteros i Cebrian, 2004).

El seguiment que realitzen els vigilants de la reserva ens permet disposar de dades importants sobre els usos que es practiquen a l'àrea parcialment protegida. A la figura 2 es pot observar com tant la pesca professional com la recreativa han presentat una tendència a la baixa. La primera minva forta d'activitat professional es produí el 2005, amb una reducció del 50% dels registres. Des de 2005 a 2009 aquesta activitat es mantingué gairebé constant fins el 2010, quan hi tornà haver una recuperació d'un 40% de l'activitat respecte els anys anteriors.

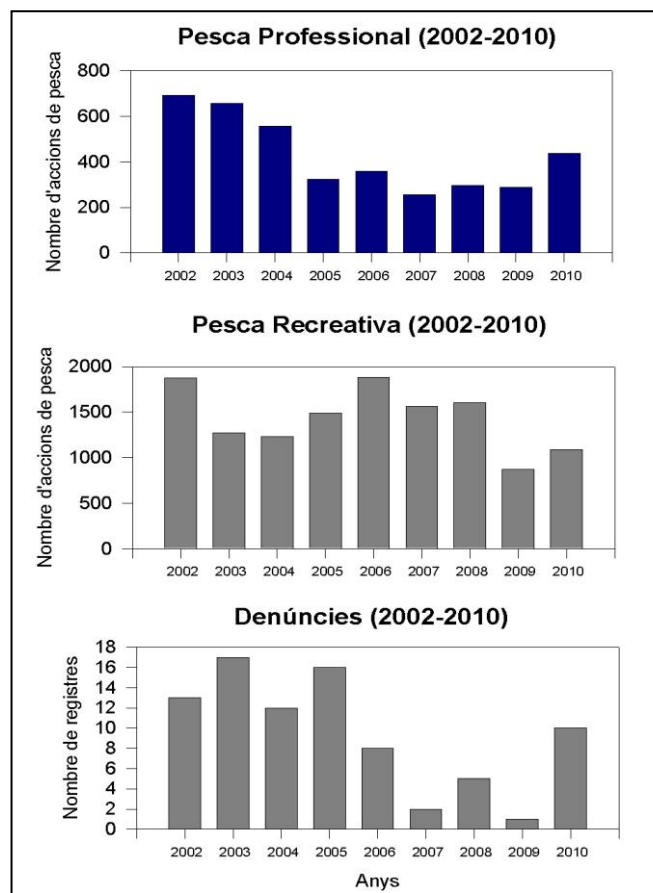


Figura 2. Evolució dels registres de pesca professional, recreativa i del nombre de denúncies entre 2002 i 2011. Font: Servei de Vigilància del Consell Insular de Menorca.

Pel que respecta la pesca recreativa s'observa una evolució cíclica, amb màxims el 2002 i 2006 amb a prop de 2.000 registres, valors baixos el 2003 i 2004, i mínims els dos darrers anys de 2009 i 2010 amb una freqüència de 1000 registres.

El nombre de denúncies fou elevat els primers anys, amb més de 10 denúncies/any entre 2002 i 2005. Si bé la minva d'aquest índex a partir de 2006 constituïa un resultat positiu i desitjable, s'observà un repunt important de nou el 2010. Del conjunt de les 84 denúncies aplicades en aquests 9 anys, el 48% corresponen a accions de pesca submarina, el 36% a pesca recreativa de superfície i l'11% a pesca professional d'arts menors. El 5% restant es degué a activitats diverses com el marisqueig o l'extracció de corall.

Disseny de mostreig

El mostreig s'ha basat en poder contrastar 3 nivells de protecció diferents: a) R: protecció màxima o reserva integral, b) PR: reserva parcial amb pesca comercial i recreativa i c) C: controls fora de la AMP on es practiquen totes les modalitats de pesca prohibides a la RMNM amb l'excepció de l'arrossegament i l'encerclament. Per tenir en compte fonts de variació de mitjana escala espacial de 100s a 1.000s de metres (García-Charton *et al.*, 2004) i per evitar pseudoreplicació, dins cada nivell de protecció i sempre per a fons rocosos s'han triat a l'atzar 2 llocs de mostreig (Fig. 1). Dins cada nivell de protecció i per a cada AMP tindrem per tant aquest conjunt de llocs mostrejats: R1, R2, PR1, PR2, C1 i C2. Dins aquests llocs se varen desenvolupar 18 transsectes a cada temps de mostreig amb l'excepció del temps 1, quan degut a condicions meteorològiques adverses només se'n feren 9. Set dels 9 temps de mostreig es van realitzar entre els mesos de juny i juliol mentre que els temps 2 i 6 es feren el setembre. El nombre total de transsectes en el període d'estudi ha estat de 918: T1: 2000 (N= 54), T2: 2000 (N= 108), T3: 2001 (N= 108), T4: 2002 (N= 108), T5: 2003 (N= 108), T6: 2003 (N= 108), T7: 2006 (N= 108), T8: 2009 (N= 108).

Presa de dades

La unitat de mostra fou el transsecte de 50x5 m que s'estenia sobre el perfil del fons amb una cinta mètrica mentre el bussejador avançava. Cada transsecte era

mostrejat per un sol bussejador 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 d'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 3 i 15 m 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, s'enregistraven tots els peixos més mòbils (Sparidae, Labridae) o aquells que essent críptics estaven fora del cau (e.g. Sciaenidae, Serranidae), enregistrant la seva posició sobre la cinta. A la volta es recollia la cinta mètrica censant les espècies més críptiques dins caus i escletxes 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 semiquantitatiu: una estima de la complexitat topogràfica del fons que pretén aproximar-se a la mesura de rugositat descrita per Luckhurst i Luckhurst, (1978); 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 semiquantitatiu 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 semiquantitativament, 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.

Anàlisi de les dades

Estudi de l'efecte de la protecció

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

El principal objecte d'estudi amb aquests indicadors fou l'efecte del temps (T) dins els diferents nivells de protecció (P) i dins els diferents llocs (S) de cada nivell; és a dir, la interacció TxP entre el temps i el nivell de protecció i la interacció TxS(P) entre el temps i el lloc dins cada nivell de protecció. La significància 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: $X_{ijk} = \mu + P_i + T_j + S(P)_{k(i)} + TxP_{ij} + TxS(P)_{jk(i)} + Error_{l(ijk)}$, on X_{ijkl} és el valor d'un indicador a un transsecte (l) dins una lloc (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 d'ANOVA, amb factors fixos (T i P) i factors aleatoris (S i els propis transsectes). El temps s'ha considerat un factor fix 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 el 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 S(P) no resultà significatiu s'agrupà la suma de quadrats d'aquest factor i la dels residuals i es tornà 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), 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).

La capacitat de càrrega a la Reserva Integral

L'ajust de les dades d'evolució temporal a diferents funcions s'ha realitzat per a l'àrea totalment protegida, on *a priori* s'espera que s'assoleixi la capacitat de càrrega del sistema sense perturbacions antròpiques. A més, aquest ajust s'ha realitzat tenint en compte les diferències a mitjana (100-1000 m) escala espacial (efecte lloc), quan aquestes van resultar significatives en l'anàlisi ANOVA.

L'indicador utilitzat ha estat la biomassa total d'espècies vulnerables, perquè és una variable que integra tant els efectes d'un increment en el nombre d'espècies com del nombre de peixos i de la seva talla. Per tal de valorar l'evolució del recurs s'han ajustat diferents funcions entre el temps de protecció i la biomassa mitjana, utilitzant el mètode de mínims quadrats no lineals i l'algoritme de Levenberg-Marquardt. La proporció de variància explicada per cada model (R^2) s'ha testat mitjançant F test, corregint pels graus de llibertat (*adjusted R²*).

Els models estudiats han estat:

- a) El d'un creixement lineal i constant en el temps (T) on

$$B_t = a + b \cdot T$$

- b) El d'un creixement sostingut que s'incrementa amb el temps o exponencial on

$$B_t = a \cdot e^{(r \cdot T)}$$

- c) La *best fit logistic curve* (Kaufman, 1981), sigmoïdea en forma i simètrica respecte el punt d'inflexió, que s'aproxima a una assíptota (K) amb el temps. Incorpora la t_0 respecte el model logístic tradicional:

$$B_t = K \cdot [1 + e^{-r(T+t_0)}]^{-1},$$

El paràmetre $K \pm \text{sem}$ de les funcions assíptòtiques s'ha interpretat com a la capacitat de càrrega del sistema.

3. RESULTATS

3.1. Les espècies i la diversitat. Efectes de la protecció

Malgrat les tendències creixents del nombre mitjà d'espècies a les zones protegides, les variacions a anys concrets, especialment les disminucions de 2005, provoquen que les diferències entre nivells de protecció no hagin estat significatives (Taula 1 i Fig. 3).

A les 9 campanyes realitzades s'enregistraren 16 espècies a la reserva integral i 14 espècies tant a la reserva parcial com a les zones control (Taules 2a, 2b i 2c). En tots els casos els espàrids i els serrànids foren les famílies més ben representades.

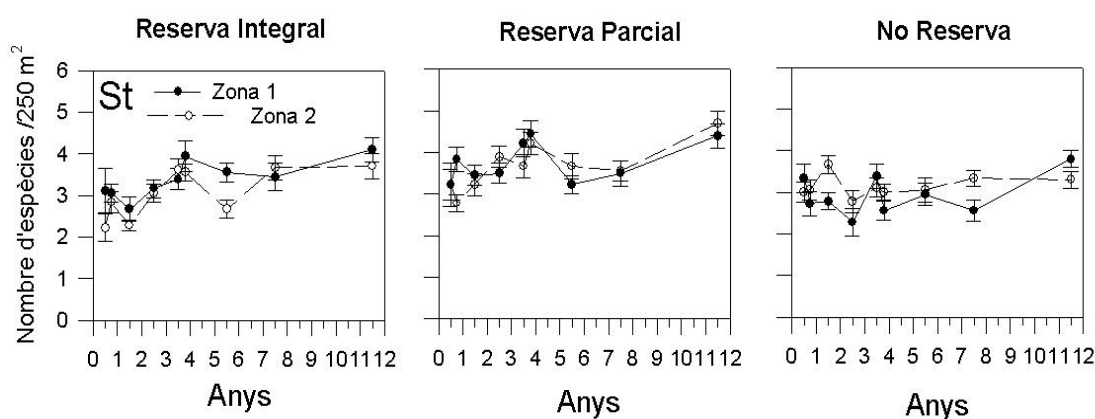


Figura 3. Evolució del nombre mitjà d'espècies als llocs 1 i 2 en 3 nivells de protecció diferents en l'entorn de la RMNM

Taula 1. Resum de l'anàlisi de la variància per al nombre mitjà d'espècies (St). SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

	SQ	G. LL	MQ	F	p
TIME	96.0	8	12.0	6.6	0.0001
PROT	68.6	2	34.3	8.8	0.0552
TIME*PROT	51.7	16	3.2	1.8	0.0964
ZONA(PROT)	11.6	3	3.9	2.2	0.1161
TIME*ZONA(PROT)	43.4	24	1.8	1.4	0.0841
Error	1094.8	864	1.3		

Taula 2a. Biomassa mitjana (g) (negreta) i error estàndard per a totes les espècies censades a la reserva integral entre 2000 i 2011.

ESPÈCIE	2000		2000		2001		2002		2003		2003		2005		2007		2011	
<i>D. puntazzo</i>	0.1	0.1	13.6	7.8	14.2	7.7	53.8	20.7	46.1	20.7	132.6	52.2	56.3	23.1	63.7	29.8	115.9	34.8
<i>D. sargus</i>	206.8	65.6	254.8	46.6	248.0	57.8	783.3	122.1	599.7	117.9	1090.9	202.1	468.7	103.1	715.9	131.5	812.0	181.3
<i>D. vulgaris</i>	296.5	87.0	217.7	51.7	273.5	47.5	526.7	83.8	853.5	180.6	923.1	119.5	487.5	108.1	1079.7	203.4	763.1	94.8
<i>S. aurata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.97	8.97	54.53	46.18	20.63	15.07	0.00	0.00	17.94	12.50	16.19	16.19
<i>S. cantharus</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	80.0	80.0	0.0	0.0
<i>E. caninus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>E. costae</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	10.5	7.4	15.0	13.1	21.1	21.1	21.1	21.1	0.0	0.0
<i>E. marginatus</i>	190.8	87.2	298.1	90.2	404.2	120.8	419.1	152.1	503.9	213.5	867.1	203.3	570.1	206.5	1243.6	319.8	907.8	283.2
<i>M. rubra</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	3.6	60.5	38.5	58.5	28.6	59.5	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>L. merula</i>	37.0	24.7	15.2	6.9	43.7	21.7	153.5	43.5	178.1	49.7	55.0	21.2	76.9	31.3	90.4	32.9	443.0	94.4
<i>L. viridis</i>	35.4	30.5	12.9	8.5	9.0	6.3	26.2	16.1	97.7	43.5	77.4	43.0	7.0	5.9	45.9	21.0	233.7	91.8
<i>M. helenae</i>	22.1	22.1	81.9	59.7	169.2	127.1	34.5	34.5	28.3	28.3	58.8	58.8	138.4	67.4	0.0	0.0	41.9	31.1
<i>P. phycis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>S. umbra</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.6	70.6	19.4	13.9	106.1	61.6	9.4	9.4	124.9	59.8	90.7	41.6
<i>S. porcus</i>	17.1	10.7	3.9	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	3.1	0.0	0.0	2.2	2.2	0.0	0.0	4.4	3.1
<i>S. scrofa</i>	5.1	5.1	13.5	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	11.1	0.0	0.0	4.1	4.1	0.0	0.0

Tabla 2b. Biomassa mitjana (g) i error estàndard per a totes les espècies censades a la reserva parcial entre 2000 i 2011.

ESPÈCIE	2000		2000		2001		2002		2003		2003		2005		2007		2011	
<i>D. puntazzo</i>	109.8	40.8	51.6	27.5	66.4	25.8	131.4	34.4	162.7	48.8	264.9	64.1	70.2	19.1	47.6	15.3	113.9	26.7
<i>D. sargus</i>	609.1	332.0	622.6	148.5	474.0	107.2	992.0	198.8	945.5	164.2	1399.2	318.4	1039.9	283.6	1012.2	254.9	2729.4	847.3
<i>D. vulgaris</i>	227.2	38.7	307.8	85.8	659.6	189.5	720.9	158.2	516.3	144.5	984.0	183.3	733.6	135.8	606.7	113.7	921.7	179.8
<i>S. aurata</i>	0.00	0.00	7.17	7.17	26.68	26.68	59.08	42.30	48.08	34.20	0.00	0.00	55.47	39.49	233.46	144.47	40.47	28.44
<i>S. cantharus</i>	0.0	0.0	14.5	14.5	0.0	0.0	1.2	1.2	24.7	17.7	1.2	1.2	0.8	0.8	32.8	15.3	492.4	281.3
<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	0.0	0.0
<i>E. costae</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	7.3	0.0	0.0	15.5	11.7	33.0	27.6	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>E. marginatus</i>	284.6	114.5	329.2	106.6	265.5	75.2	639.8	162.4	1359.4	293.6	899.6	219.9	723.9	169.6	746.5	153.1	1271.5	232.9
<i>M. rubra</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.7	0.0	0.0	8.1	8.1	48.3	19.2	111.3	65.3	0.0	0.0	55.7	55.7
<i>L. merula</i>	17.1	6.8	32.6	11.0	66.3	19.2	71.5	20.6	56.1	15.8	44.9	13.1	59.2	30.3	53.2	17.6	275.6	67.6
<i>L. viridis</i>	10.4	7.5	2.3	0.9	59.5	25.7	35.9	17.1	21.7	10.3	57.0	31.8	0.5	0.5	15.5	10.3	79.9	30.3
<i>M. helenae</i>	56.6	56.6	69.8	59.5	0.0	0.0	248.7	144.1	133.5	68.7	135.0	109.6	36.6	25.5	115.3	61.2	28.3	28.3
<i>P. phycis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.2	24.6
<i>S. umbra</i>	0.0	0.0	48.2	48.2	0.0	0.0	5.9	5.9	104.6	74.5	339.3	200.5	10.5	7.4	59.8	31.5	145.0	113.5
<i>S. porcus</i>	0.0	0.0	6.1	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	2.2
<i>S. scrofa</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	0.0	0.0

Taula 2c. Biomassa mitjana (g) i error estàndard per a totes les espècies censades a l'àrea control entre 2000 i 2011.

ESPÈCIE	2000		2000		2001		2002		2003		2003		2005		2007		2011	
<i>D. puntazzo</i>	9.7	8.8	16.9	9.8	58.7	23.2	34.5	16.9	89.9	26.8	25.0	11.2	35.1	14.2	19.7	14.4	51.7	15.2
<i>D. sargus</i>	233.3	130.6	279.0	65.1	551.9	238.2	244.4	62.1	348.7	91.1	935.4	489.4	820.7	505.6	789.1	512.5	374.8	79.3
<i>D. vulgaris</i>	244.3	41.2	209.9	37.9	311.2	53.8	308.2	45.7	404.1	97.0	499.5	128.5	396.3	74.6	462.4	83.2	610.8	67.8
<i>S. aurata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	57.57	57.57	182.19	134.12	63.32	42.11	0.00	0.00	13.46	13.46	28.26	21.04	7.17	7.17
<i>S. cantharus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	6.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	19.7	11.4	0.0	0.0	4.3	3.0
<i>E. caninus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	11.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>E. costae</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	0.0	0.0
<i>E. marginatus</i>	497.0	148.4	244.4	90.7	356.7	120.5	326.4	81.7	411.8	158.5	283.9	77.0	106.3	40.9	484.8	117.0	321.2	78.9
<i>M. rubra</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	65.6	46.9	12.5	12.5	148.9	65.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>L. merula</i>	10.8	6.1	25.3	11.4	15.3	6.0	19.0	12.1	44.8	14.6	11.6	9.0	40.8	16.9	72.8	21.2	199.3	45.1
<i>L. viridis</i>	18.5	14.8	26.5	17.1	18.4	12.6	27.3	15.8	4.1	2.4	19.7	12.8	4.1	2.2	6.5	4.7	41.2	30.3
<i>M. helenae</i>	174.1	174.1	115.4	69.4	58.8	58.8	58.8	58.8	22.9	22.9	122.1	60.0	29.3	21.1	114.9	59.5	81.5	35.9
<i>P. phycys</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	6.7	6.7	0.0	0.0
<i>S. umbra</i>	0.0	0.0	13.2	13.2	47.7	24.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	5.8	3.0	2.1
<i>S. porcus</i>	15.0	15.0	5.8	5.8	4.4	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.9	0.9
<i>S. scrofa</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	0.0	0.0

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

3.2.1. L'efecte del temps als diferents nivells de protecció

Aquest indicador ha evolucionat molt positivament tant a la reserva integral com a la reserva parcial. L'anàlisi de la variància mostrarà una interacció significativa del nivell de protecció i el temps malgrat el fort efecte local del factor lloc (Taula 3). La Bt s'incrementà per tant a totes les àrees protegides però no a les àrees control, tot i que mostrarà una variació important a nivell de lloc. Als llocs 1 i 2 de la reserva integral Bt s'incrementà per un factor de x4 però amb valors finals diferents: 916,6 g vs 3.931,1 g i 705,1 g vs 2.926,1 g respectivament, entre la primera campanya (juny de 2000) i la darrera (juny de 2011) (Fig. 4).

Taula 3. Resum de l'anàlisi de la variància per a la biomassa total (Bt). SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

	SQ	G. LL	MQ	F	p
TIME	665423640	8	83177954.9	11.4	0.0000
PROT	323331639	2	161665819.5	2.8	0.2036
TIME*PROT	295397281	16	18462330.1	2.5	0.0190
ZONA(PROT)	171082565	3	57027521.7	7.9	0.0007
TIME*ZONA(PROT)	174458651	24	7269110.4	1.2	0.2237
Error	5194002817	864	6011577.3		

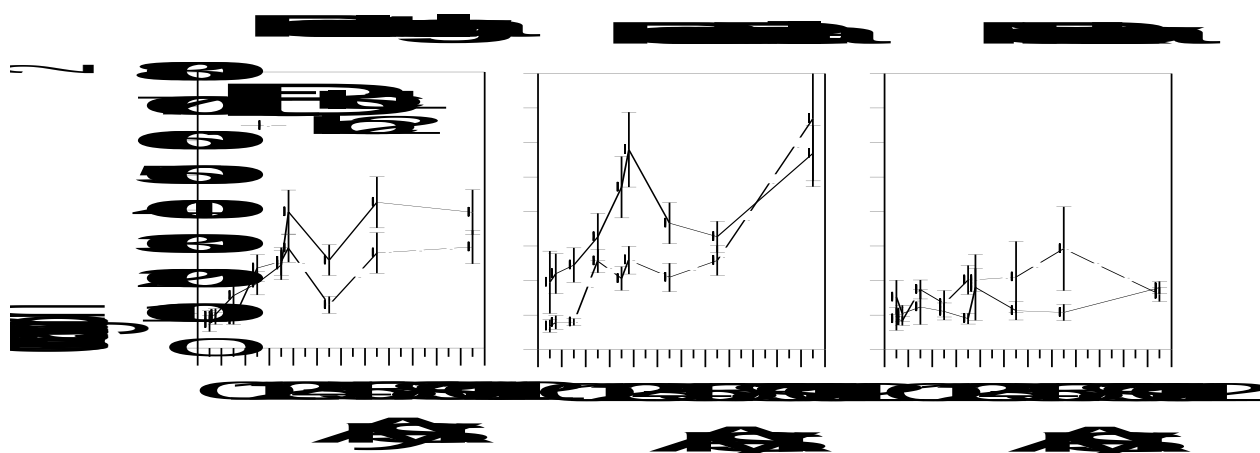


Figura 4. Evolució de la biomassa mitjana d'espècies vulnerables (Bt) als llocs 1 i 2 en 3 nivells de protecció diferents en l'entorn de la RMNM

A la reserva parcial, el lloc 1 triplicà la seva biomassa en aquest període (1.949,1 vs 5.687,1 g) mentre que el lloc 2 s'incrementà en un ordre de magnitud (x10) (680,6 vs 6.693,3 g) (Fig. 4). Si bé a la reserva integral s'observà un increment fort en els 4 primers anys i una posterior estabilització, la reserva parcial presentà una evolució més irregular, amb pujades i davallades però amb una tendència general creixent. Els llocs control presenten una biomassa inferior als de la reserva marina, amb una evolució temporal relativament estable, sempre en l'entorn dels 1000-2000 g/250 m² (Fig. 4).

3.2.2. La capacitat de càrrega a la reserva integral

La funció logística fou la que explicà una major proporció de la variació de Bt tant al lloc 1 com al lloc 2 en front dels ajusts exponencials o lineals (Fig. 5 i Taula 4). El procés de saturació és per tant molt clar en front d'un creixement indefinit de les poblacions de les espècies tractades. Al lloc 1 la biomassa se saturà al cap dels 7,5 anys de protecció, quan el seu valor fins i tot superava el valor de la capacitat de càrrega ($K = 3.912,8 \pm 486,9$). El valor de K per al lloc 2 resultà inferior, estabilitzant-se en els $2.510,6 \pm 327,1$ després de 7,5 anys de protecció. Tots els ajusts resultaren altament significatius ($p < 0,01$) per a totes les funcions degut a la clara tendència creixent de les dades (Taula 4).

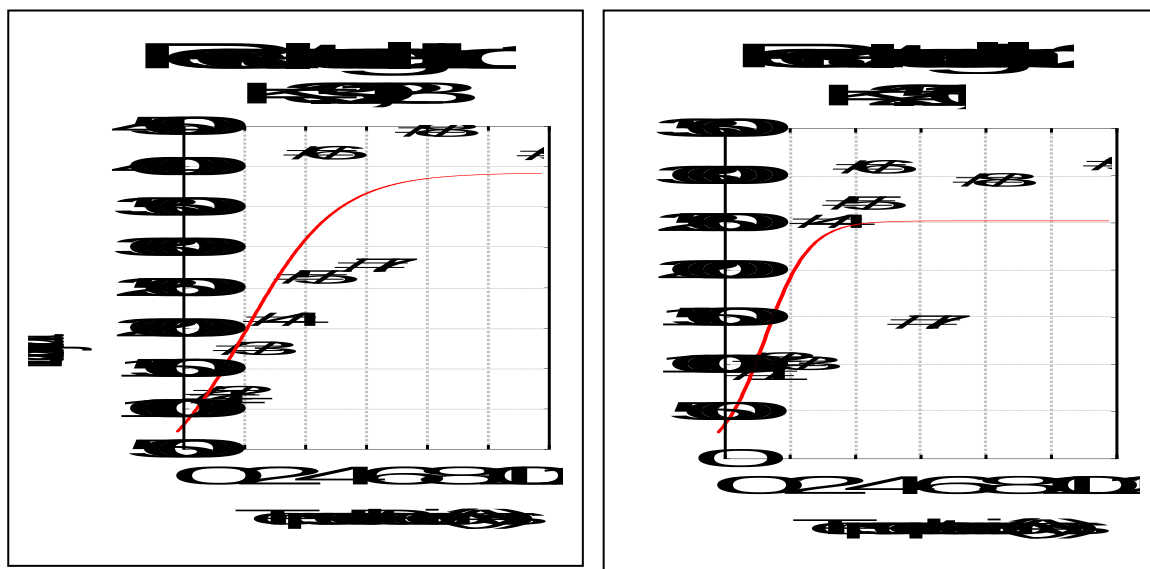


Figura 5. Resultats de l'ajust logístic a la biomassa mitjana d'espècies vulnerables estimada en diferents temps de protecció a la reserva integral de la RMNM

Taula 4. Coeficient de determinació (R^2) per a diferents equacions de la variació de Bt respecte el temps de protecció i significància d'una anàlisi de la variància entre la suma de quadrats de la regressió i dels residuals (*: $p < 0,05$; **: $p < 0,025$; ***: $p < 0,01$).

	Exponencial	Recta	Logística (best fit)
Lloc 1	0,581***	0,687***	0,823***
Lloc 2	0,410***	0,471***	0,676***

3.3. Les espècies més freqüents i abundants

3.3.1 La morruda. *Diplodus puntazzo*

La biomassa de *D. puntazzo* no ha presentat una interacció significativa entre el temps i el nivell de protecció (TxP) malgrat les tendències creixents de la reserva integral (Fig. 6 i Taula 5). Els valors de biomassa dins l'àrea de protecció màxima eren propers a zero en el primer mostreig de 2000 i molt superiors el 2011, però sempre movent-se en valors baixos. Tant el nombre d'individus com la talla mitjana augmentaren de forma significativa a la reserva integral (Taula 6 i Figures 7 i 8) mentre que a la reserva parcial l'evolució va estar condicionada pel factor lloc, amb una augment temporal significatiu a PR2.

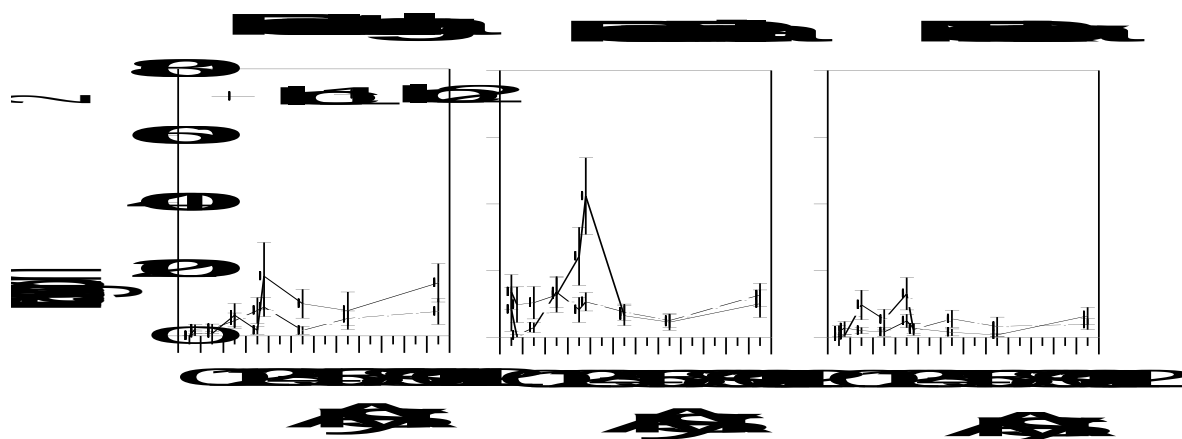


Figura 6. Evolució temporal de la biomassa mitjana de *D. puntazzo*

Taula 5. Resum de l'anàlisi de la variància per a la biomassa de *D. puntazzo*. SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

	SQ	G. LL	MQ	F	p
TIME	1106759.9	8	138344.9	2.80	0.0241
PROT	906524.7	2	453262.3	3.02	0.1913
TIME*PROT	954526.0	16	59657.9	1.21	0.3290
ZONA(PROT)	450665.8	3	150221.9	3.11	0.0444
TIME*ZONA(PROT)	1184739.8	24	49364.2	1.86	0.0076
Error	22968268.6	864	26583.6		

Taula 6. Resum de l'anàlisi de la variància per a la densitat de *D. puntazzo*. SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

	SQ	G. LL	MQ	F	p
TIME	34.5	8	4.3	7.0	0.0001
PROT	24.4	2	12.2	75.7	0.0027
TIME*PROT	20.2	16	1.3	2.0	0.0546
ZONA(PROT)	0.5	3	0.2	0.3	0.8528
TIME*ZONA(PROT)	14.8	24	0.6	1.0	0.4770
Error	538.7	864	0.6		

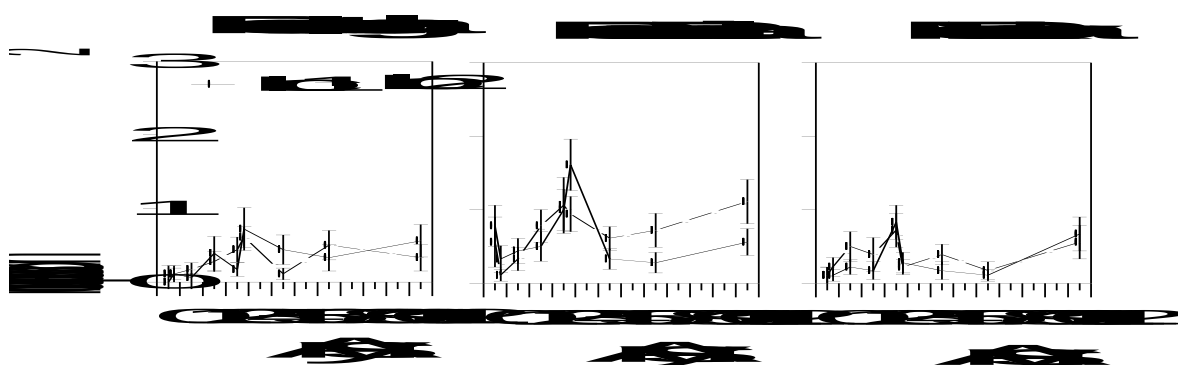


Figura 7. Evolució temporal de la densitat mitjana de *D. puntazzo*

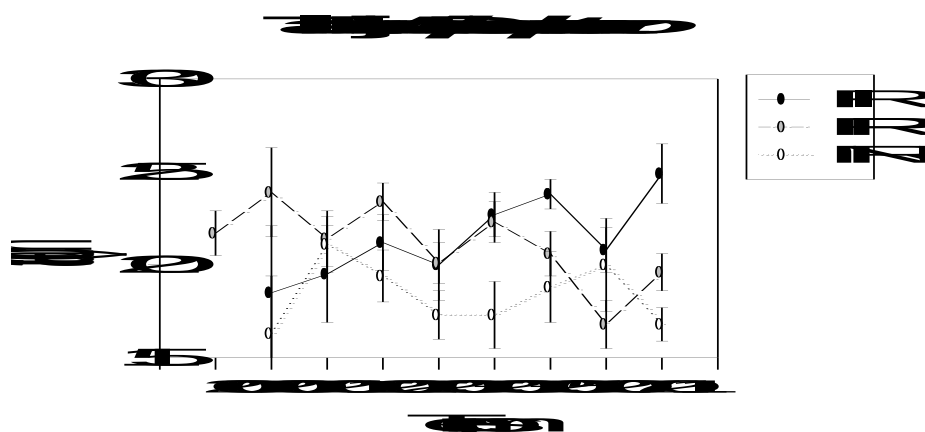


Figura 8. Evolució de la talla mitjana de *D. puntazzo* en els diferents nivells de protecció.

3.3.2. El sard. *Diplodus sargus*

La biomassa de *D. sargus* ha evolucionat de forma significativament diferent a les àrees total i parcialment protegides respecte dels controls (Fig. 9 i Taula 7). A la reserva integral, l'evolució ha estat gairebé idèntica als dos llocs, incrementant-se per un factor de x4 entre 2000 i 2011 encara que els valors finals no superin els 1.000 g/250 m². A la reserva parcial hi ha tendències creixents als dos llocs però sobretot un augment molt acusat a PR2 en els dos darrers anys de mostreig. Els llocs control no presenten cap tendència definida malgrat els augments de 2005 i 2007.

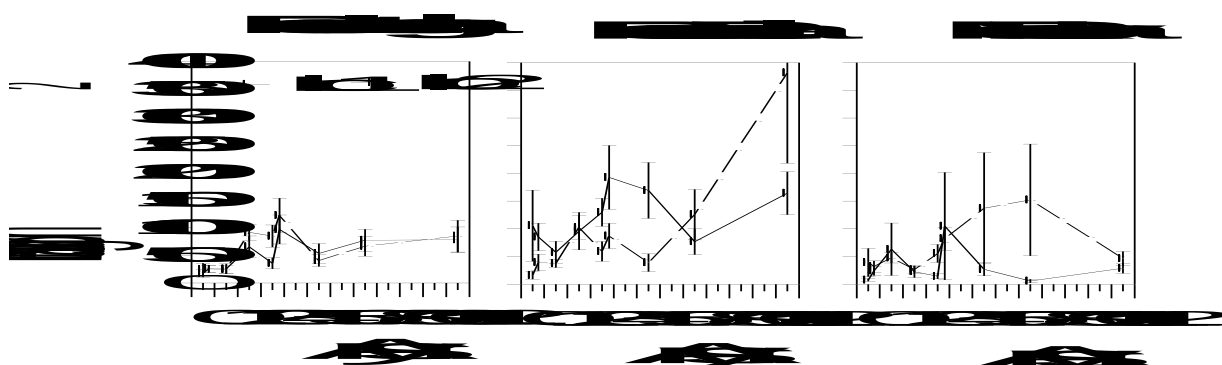


Figura 9. Evolució temporal de la biomassa mitjana de *D. sargus*

Taula 7. Resum de l'anàlisi de la variància per a la biomassa de *D. sargus*. SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

	SQ	G. LL	MQ	F	p
TIME	87411624.01	8	10926453	2.503426818	0.0391
PROT	59346407.61	2	29673203.81	6.883383495	0.0757
TIME*PROT	83963511.12	16	5247719.445	1.202337262	0.3331
ZONA(PROT)	12932536.95	3	4310845.651	1.002577374	0.4077
TIME*ZONA(PROT)	104750364.6	24	4364598.527	1.514089146	0.0543
Error	2490614993	864	2882656.242		
Pooling (Zona + Error)					
TIME	87411624.01	8	10926453.0	3.7	0.0003
PROT	59346407.61	2	29673203.8	10.1	0.0000
TIME*PROT	83963511.12	16	5247719.4	1.8	0.0279
Error	2608015645	891	2927065.8		

Quant a la densitat, no presentà una interacció significativa TxP degut a la forta variació entre llocs encara que la tendència general fou molt semblant a l'observada per a la biomassa. Als control aparegueren grans moles de sards el 2005 i 2007 però amb un forta variació espacial que afectà la significància de les comparacions (Taula 8 i Figura 10).

Taula 8. Resum de l'anàlisi de la variància per a la densitat de *D. sargus*.

	SQ	G. LL	MQ	F	p
TIME	1599.2	8	199.9	1.8	0.1297
PROT	1089.1	2	544.5	1.4	0.3729
TIME*PROT	1669.7	16	104.4	0.9	0.5480
ZONA(PROT)	1171.0	3	390.3	3.5	0.0287
TIME*ZONA(PROT)	2686.2	24	111.9	1.5	0.0556
Error	64060.3	864	74.1		

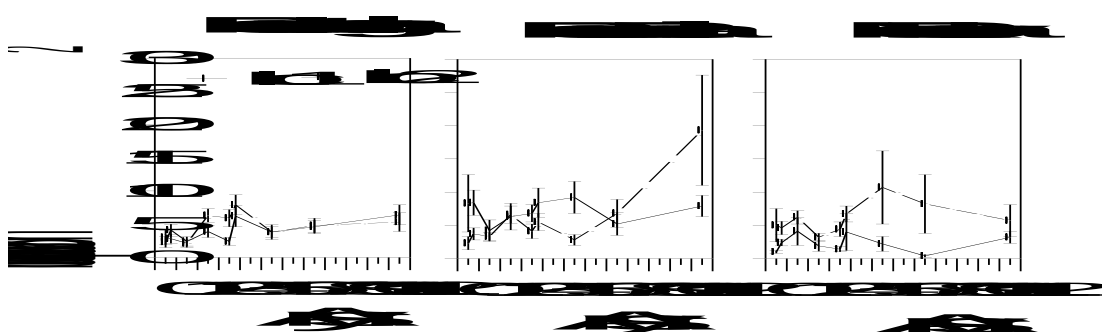


Figura 10. Evolució temporal de la densitat mitjana de *D. sargus*

Finalment, i pel que respecta a la talla mitjana, *D. sargus* presentà un augment de la talla mitjana sostingut en el temps, constant i gairebé lineal a la reserva integral i més irregular a la reserva parcial (Fig. 10). Les densitats i les talles tornaren davallar el 2011 (Figures 10 i 11) als controls, el que fa que la biomassa d'aquesta espècie fora de la reserva no es diferenciï entre 2000 i 2011 (Fig. 9).

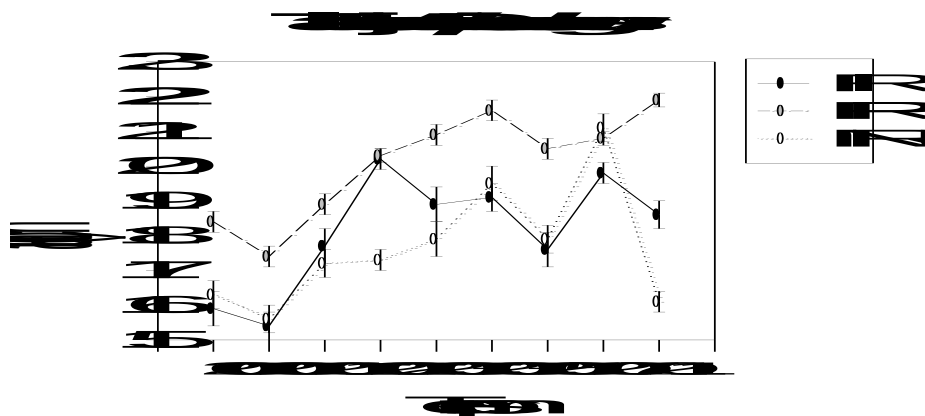


Figura 11. Evolució de la talla mitjana de *D. sargus* en els diferents nivells de protecció

3.3.3. La variada. *Diplodus vulgaris*

La variada ha experimentat canvis temporals significatius però que es donen dins tots els nivells de protecció, raó per la qual la interacció TxP no fou significativa ni per a la biomassa mitjana ni per a la densitat. A aquesta manca d'interacció contribueix també l'alta variabilitat a nivell de lloc, expressada sobretot a la reserva parcial (Taula 9 i Fig. 12). Entre 2000 i 2011, la biomassa se multiplicà per 2,6 a la reserva integral, per un factor de x4 a la reserva parcial i per 2,5 als controls (Fig. 12). Els augments dins la RMNM es degueren tant a un increment de la talla mitjana com de la densitat, mentre que l'augment als controls es degué a la presència de peixos lleugerament més grossos en els darrers anys (Figures 13 i 14).

Taula 9. Resum de l'anàlisi de la variància per a la biomassa i la densitat de *D. vulgaris*. SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

Biomassa	SQ	G Ll	MQ	F	p
TIME	31812150.03	8	3976518.8	6.3	0.0002
PROT	10732764.33	2	5366382.2	0.8	0.5152
TIME*PROT	14422393.87	16	901399.6	1.4	0.2099
ZONA(PROT)	19299981.71	3	6433327.2	10.3	0.0001
TIME*ZONA(PROT)	15163000.71	24	631791.7	1.3	0.1439
Error	415624006.1	864	481046.3		
Densitat	SQ	G Ll	MQ	F	p
TIME	3091.7	8	386.46	3.5	0.0087
PROT	461.0	2	230.51	0.4	0.6990
TIME*PROT	2050.8	16	128.17	1.1	0.3727
ZONA(PROT)	1709.5	3	569.82	5.1	0.0064
TIME*ZONA(PROT)	2686.7	24	111.95	1.3	0.1789
Error	76555.9	864	88.61		

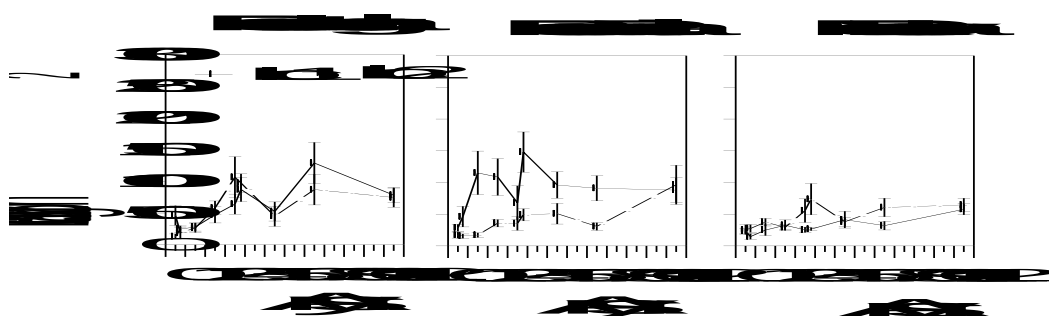


Figura 12. Evolució temporal de la biomassa mitjana de *D. vulgaris*

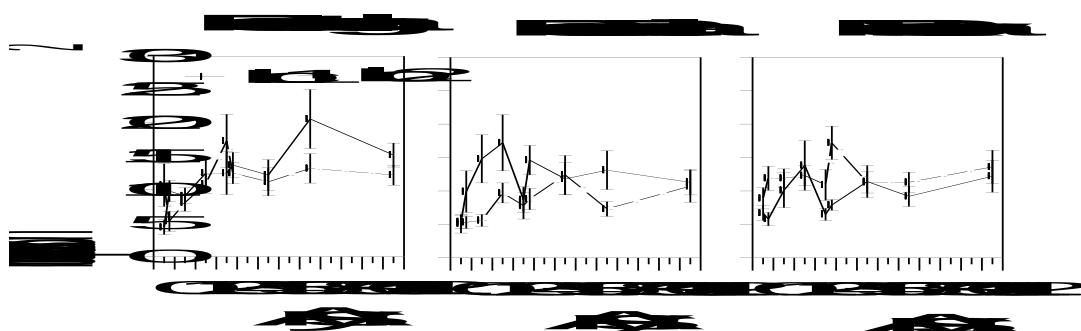


Figura 13. Evolució temporal de la densitat mitjana de *D. vulgaris*

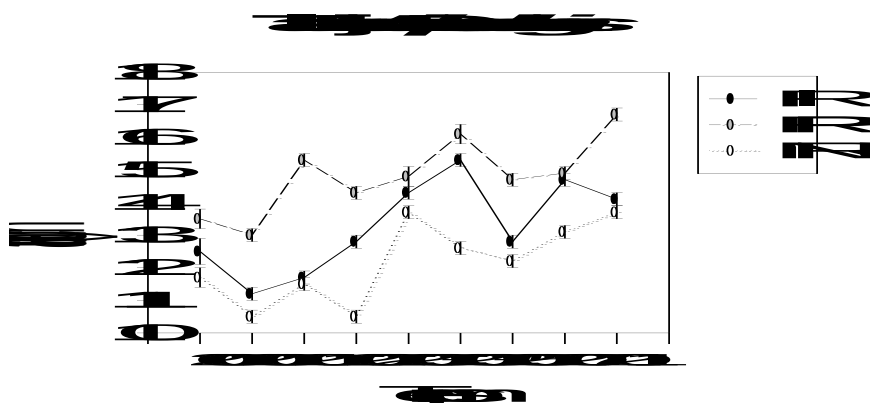


Figura 14. Evolució temporal de la talla mitjana de *D. vulgaris*

3.3.4. L'anfós. *Epinephelus marginatus*

El temps de protecció ha tingut un efecte positiu i significatiu per a aquesta espècie tant a la reserva integral com a la reserva parcial. La interacció TxP ha estat significativa per a la densitat i la biomassa d'anfós malgrat el fort efecte local de lloc (Taula 10).

Taula 10. Resum de l'anàlisi de la variància per a la biomassa i la densitat d'*E. marginatus*. SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

Biomassa	SQ	G Ll	MQ	F	p
TIME	39457241.44	8	4932155.2	4.9	0.0012
PROT	22843295.69	2	11421647.8	1.2	0.4125
TIME*PROT	37387171.88	16	2336698.2	2.3	0.0308
ZONA(PROT)	28393274.01	3	9464424.7	9.4	0.0002
TIME*ZONA(PROT)	24246664.1	24	1010277.7	1.0	0.4587
Error	869998385.2	864	1006942.6		
Densitat	SQ	G Ll	MQ	F	p
TIME	37.6	8	4.7	6.8	0.0001
PROT	41.0	2	20.5	5.3	0.1032
TIME*PROT	28.2	16	1.8	2.6	0.0182
ZONA(PROT)	11.6	3	3.9	5.5	0.0044
TIME*ZONA(PROT)	16.5	24	0.7	0.7	0.8792
Error	880.1	864	1.0		

Al lloc 1 s'observà un increment de 4 vegades la biomassa entre 2000 i 2011, assolint valors finals elevats de 1.500 g/250 m², mentre que al lloc 2 els resultats a l'inici eren molt baixos i l'increment és d'un ordre de magnitud (x17) però amb valors finals més discrets: 500 g/250 m² (Fig. 15). Al lloc 1 de la reserva parcial l'increment fou d'un factor de x5 i de x4 al lloc 2, en ambdós casos amb biomasses situades entre 1000 i 1500 g/250 m².

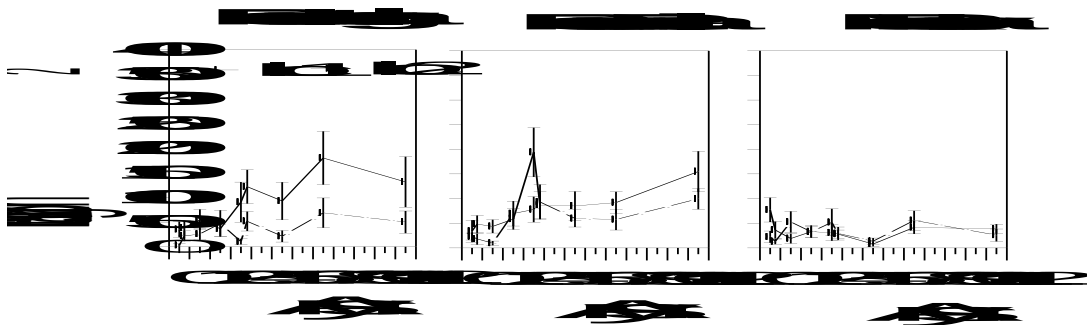


Figura 15. Evolució temporal de la biomassa mitjana d'*E. marginatus*

Aquests increments es deuen a augments de densitat, de 0,5 a 1 individu per transsecte, i també de talla mitjana (Figures 16 i 17). Els controls han presentat sempre unes dades molt estables en el període estudiat, al voltant dels 500 g/250 m² i sense arribar normalment a un individu per transsecte.

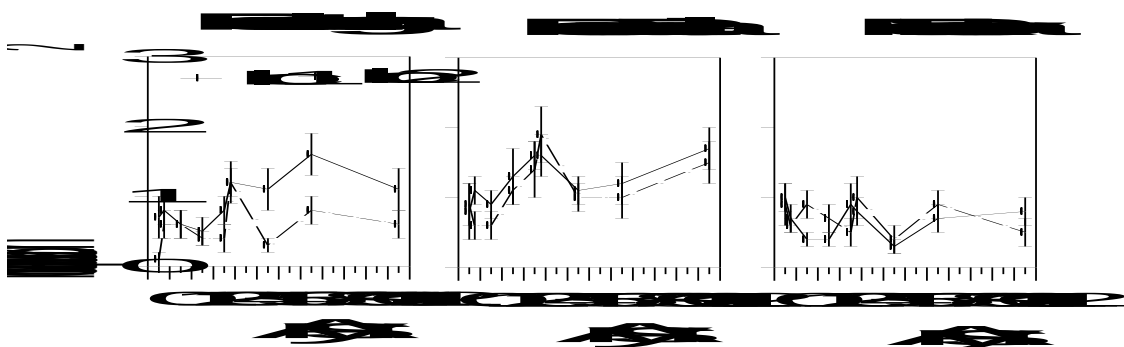


Figura 16. Evolució temporal de la densitat mitjana d'*E. marginatus*

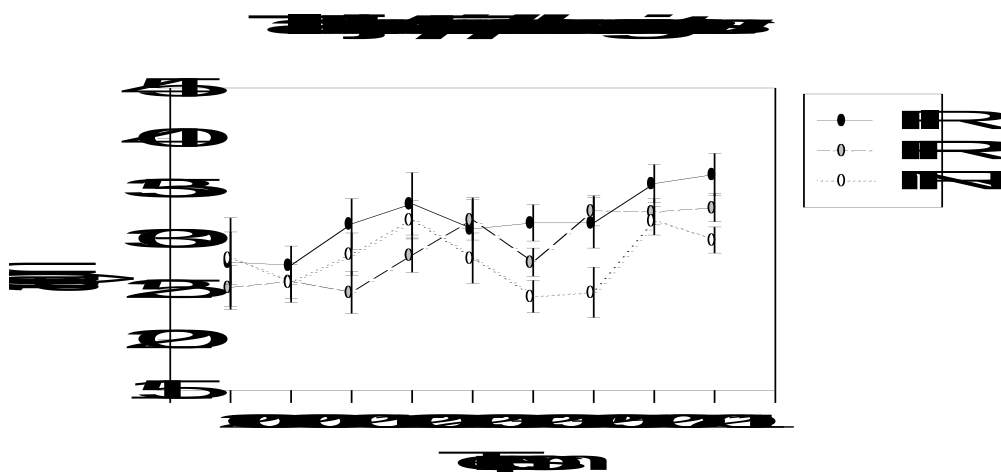


Figura 17. Evolució temporal de la talla mitjana d'*E. marginatus*

3.3.5. L'escorball. *Sciaena umbra*

Aquesta és una espècie que presenta una clara distribució contagiosa, amb l'aparició dels peixos en petits grups i a llocs molt concrets enlloc de dispersos homogèniament sobre el fons. Aquesta característica dificulta en gran mesura l'anàlisi tradicional de variació temporal degut a la forta variació espacial que es produeix a petita escala, entre els diferents transsectes utilitzats com a rèpliques.

Una primera aproximació per conèixer l'estat d'aquesta espècie dins la RMNM és acumular la biomassa de tots els transsectes realitzats. A la figura 18 es pot observar que dins la reserva integral l'escorball era absent dels censos en els primers tres anys de seguiment. D'ençà el 4rt any de seguiment, l'espècie començà a aparèixer de forma irregular fins assolir valors propers als 4.000 g/9.000 m² entre 2007 i 2011. A la reserva parcial hi hagué una tendència semblant, amb un màxim de 12.000 g/9.000 m² al setembre de 2003 (campanya 6) i amb valors finals de 5.000 g/9.000 m² el 2011. Als llocs no protegits de fora de la reserva no s'han superat mai els 2.000 g/9.000 m² i els valors dels darrers anys del seguiment són propers a zero.

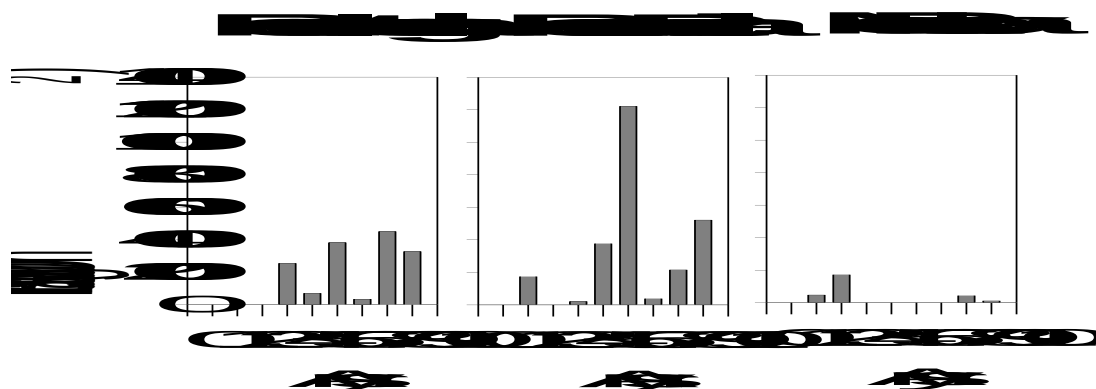


Figura 18. Evolució de la biomassa d'*S. umbra* acumulada als diferents transectes (9.000 m²) entre 2000 i 2011.

L'anàlisi tradicional, amb valors mitjans per espai i temps, presenta una forta variació a diferents escales degut a la biologia de l'espècie, que provoca una elevada freqüència de zeros. La densitat mitjana d'escorballs és baixa en els fons estudiats, tant dins com fora de la reserva, si bé la major talla dels peixos dins les àrees protegides provoca una major biomassa dins la RMNM. Tot i així, les variacions degudes a la protecció no són superiors a les de tipus al·leatori i en cap cas s'ha trobat una interacció significativa dels factors temps i protecció TxP (Taula 11).

Taula 11. Resum de l'anàlisi de la variància per a la biomassa i densitat d'*S. umbra*. SQ= suma de quadrats, G. LL: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

Biomassa	SQ	G Ll	MQ	F	p
TIME	1792527.3	8	224065.9	1.5	0.2081
PROT	733327.8	2	366663.9	0.7	0.5692
TIME*PROT	2343313.8	16	146457.1	1.0	0.5029
ZONA(PROT)	1608123.7	3	536041.2	3.6	0.0259
TIME*ZONA(PROT)	3577275.7	24	149053.2	1.4	0.0953
Error	91845156.9	864	106302.3		
Densitat	SQ	G Ll	MQ	F	p
TIME	7.7	8	1.0	2.0	0.0958
PROT	1.3	2	0.6	0.3	0.7831
TIME*PROT	12.7	16	0.8	1.6	0.1362
ZONA(PROT)	7.2	3	2.4	4.9	0.0077
TIME*ZONA(PROT)	11.7	24	0.5	1.2	0.2465
Error	355.3	864	0.4		

3.3.6. Els grans làbrids. *Labrus merula* i *Labrus viridis*

Aquestes espècies presenten una semblança biològica i ecològica elevada i s'han tractat conjuntament com a gènere *Labrus* spp. El temps i el nivell de protecció han presentat una interacció molt significativa sobre la biomassa dels grans làbrids, amb un increment superior a les zones total i parcialment protegides respecte de les zones control, que també presentaren un lleuger increment el darrer any de mostreig (Taula 12 i Fig. 19). L'efecte lloc també ha resultat molt significatiu i respon a les diferències entre els llocs 1 i 2 de la reserva parcial.

Taula 12. Resum de l'anàlisi de la variància per a la biomassa i densitat de *Labrus* spp. SQ= suma de quadrats, G. Ll: graus de llibertat, MQ= mitjana quadràtica, F= F test, p= nivell de significància.

Biomassa	SQ	G Ll	MQ	F	p
TIME	11848078.36	8	1481009.8	28.4	0.0000
PROT	1980591.17	2	990295.6	3.1	0.1835
TIME*PROT	3392507.482	16	212031.7	4.1	0.0010
ZONA(PROT)	944704.4362	3	314901.5	6.0	0.0030
TIME*ZONA(PROT)	1252154.978	24	52173.1	0.8	0.7572
Error	57335048.18	864	66360.0		
Densitat	SQ	G Ll	MQ	F	p
Intercept	256.1814815	1	256.1814815	48.11756522	0.0061
TIME	41.43028322	8	5.178785403	9.356211562	0.0000
PROT	9.801851852	2	4.900925926	0.920521739	0.4878
TIME*PROT	17.4422658	16	1.090141612	1.969495695	0.0647
ZONA(PROT)	15.97222222	3	5.324074074	9.626144049	0.0002
TIME*ZONA(PROT)	13.28431373	24	0.553513072	1.018003228	0.4390
Error	469.7777778	864	0.54372428		

Dins la reserva integral les diferències de biomassa entre el primer i el darrer any de mostreig són d'un factor de x9 mentre que la reserva parcial presentà un increment del doble al lloc 1 i del triple al lloc 2 (Fig. 19). Als dos llocs de la reserva integral i a PR2 la densitat superà un individu per transsecte el 2011 mentre que ni a PR1 ni als controls mai no s'assolí aquest valor (Fig. 20). Les diferències de densitat entre llocs i l'increment de densitat experimentat als llocs control fan que aquest indicador no hagi estat un bon descriptor de l'efecte de la protecció. La presència de peixos més grossos dins les àrees total i parcialment protegides han influït en els resultats obtinguts amb la biomassa.

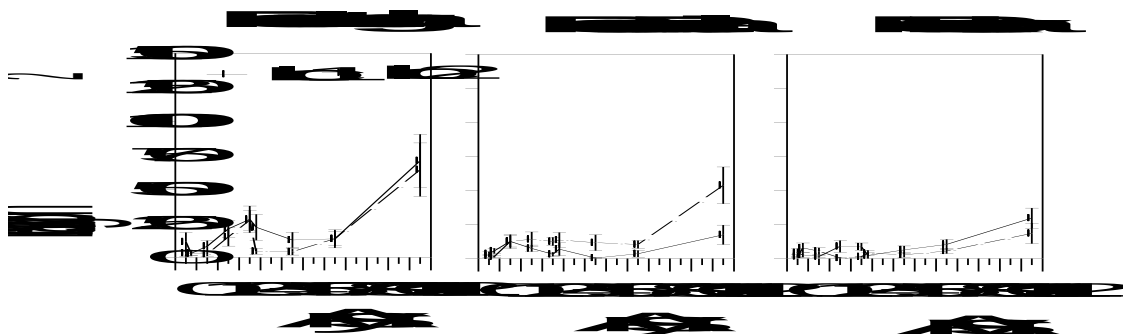


Figura 19. Evolució temporal de la biomassa mitjana de *Labrus* spp.

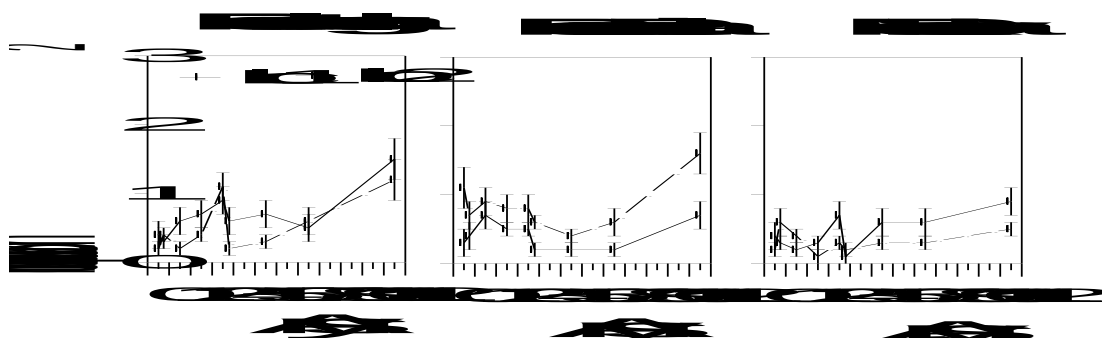


Figura 20. Evolució temporal de la densitat mitjana de *Labrus* spp.

4. CONCLUSIONS I COMENTARIS

Els resultats de la campanya de seguiment de 2011 són remarcables perquè ens permeten concloure qüestions importants i respondre hipòtesis establertes fa 12 anys, quan es declarà la reserva marina. Sense oblidar el fet que tot l'estudi s'ha desenvolupat sempre sobre uns hàbitats i fondàries molt concrets, fons rocosos entre 3 i 15 metres, consideram que les conclusions obtingudes són un bon indicador de la resposta de bona part de la RMNM als 12 anys de protecció.

Per una banda, cal ressaltar l'increment del principal indicador: la biomassa d'espècies vulnerables (Bt), tant a la reserva integral com a la reserva parcial. Aquest indicador és fonamental perquè té una incidència pesquera absoluta.

Dins la reserva integral la multiplicació de Bt per un factor de x4 s'ha produït al voltant dels 7 anys de protecció i, a més, podem considerar-la com una situació saturada. És a dir, no és esperable que aquest indicador continuï incrementant-se perquè els ajustos matemàtics efectuats indiquen que el sistema ha assolit la seva capacitat de càrrega. Dins d'aquesta àrea totalment protegida es posa també de manifest un altre aspecte important: la variació a mitjana escala espacial que es manifesta en la diferència entre llocs. La capacitat de càrrega (K) al lloc 1 (Punta de la Pedra de la Sal) s'ha establert en 3.913 g/250m² mentre que al lloc 2 (cala Calderer) ho feu en 2.511 g/250 m², cosa que ens indica l'existència de factors diferents a la pròpia protecció que també influeixen en l'abundància, riquesa i maduresa de les poblacions de peixos.

El temps que ha tardat en assolir-se aquesta capacitat de càrrega és relativament curt si tenim en compte els estudis que, per una banda, descriuen recuperacions ràpides, de menys de 5 anys (Halpern i Warner, 2002; McClanahan i Arthur, 2001, Côté *et al.*, 2001) i, per altra, aquells que descriuen la necessitat de períodes de temps intergeneracionals (20-30 anys) per assolir-la (Russ and Alcala, 1996; 2004; Charton *et al.*, 2008).

El valor de K al lloc 1 constituiria un valor de biomassa atípic i força elevat en el marc geogràfic de Balears que roman obert a la pesca, i del qual el valor promig dels controls (1.696 g/250 m²) n'és ben representatiu. A cala Calderer els resultats són més discrets, però tot i així poc comuns a la major part de llocs no protegits de Balears (Servei de Recursos Marins, 2008). La continuació de la investigació a aigües més profundes ens permetrà conèixer si aquest procés de saturació de la biomassa està lligat

o no a la fondària, si bé, *a priori*, caldria esperar que a més fondària es poguessin instal·lar peixos de major talla i edat i el procés de recuperació fora més lent, tal com s'extreu dels resultats del seguiment pesquer realitzat a les Illes Columbrets (Stobart *et al.*, 2009).

L'altra conclusió important del seguiment de la RMNM és la del bon funcionament de l'àrea parcialment protegida, que, en conjunt, ha incrementat sis vegades la seva biomassa inicial. El valor final promig per a aquesta àrea és de 6.190,1 g/250 m²; un resultat que reforça la idea de l'existència de factors independents del nivell de protecció i que interactuen amb aquest, rebaixant o reforçant els seus efectes. Aquest valor final de biomassa a la reserva parcial és superior al major valor de saturació de la reserva integral i expressa de forma clara la major qualitat ambiental de tot l'entorn del cap de Cavalleria respecte de la zona declarada reserva integral.

Al mateix temps, i enfront dels treballs científics que posen en dubte la validesa d'aquestes àrees parcialment protegides, els presents resultats demostren la compatibilitat de certs usos, limitats i controlats (pesca artesanal i recreativa de superfície, busseig esportiu) amb la recuperació de les poblacions de peixos. La recuperació de la reserva parcial, s'ha posat de manifest sobretot amb peixos de les famílies dels espàrids, serrànids i grans làbrids, tots objecte de la pesca professional i recreativa amb les arts i ormeigs permesos en l'actualitat.

Com a contrapunt respecte a la reserva integral, on s'ha descrit una situació bastant estable que, a més a més, era esperable, l'evolució de la reserva parcial és difícil de predir. La forma de la distribució de Bt és irregular, en forma de dent de serra, amb pujades i davallades a temps concrets, però consistent entre els dos llocs estudiats (Fig. 4). Aquest tipus de distribució és més esperable a una àrea que està sotmesa a fluctuacions en la intensitat de pesca que no pas a una altra on aquesta variable és constant, cas de la reserva integral. De fet, part de l'espectacular recuperació de la reserva parcial podria estar relacionada amb una minva en l'activitat pesquera; una tendència que fou enregistrada per l'equip de vigilància a partir de 2004 per a la pesca professional i a partir de 2006 per a la recreativa (Fig. 2). Amb tot, aquesta àrea constitueix un espai on els usuaris poden percebre el funcionament de la reserva sense sentir-se'n exclosos i així experimentar els resultats de la gestió i fins i tot col·laborar en ella.

Les conclusions d'aquest estudi són per tant significatives i recolzen les mesures de gestió i el gran esforç de vigilància efectuat, factor clau en l'èxit de qualsevol àrea

marina protegida. Aleshores, s'obren també noves hipòtesis sobre el funcionament d'aquests sistemes total i parcialment protegits i que en el cas que ens ocupa versen sobre les causes dels resultats dins un i altre nivell de protecció.

La hipòtesi que la major qualitat i determinada configuració espacial de l'hàbitat al cap de Cavalleria permet una major acumulació de peix, presenta un escenari diferent a la reserva integral, on les seves condicions afavoririen l'exportació de peixos cap a àrees veïnes, raó per la qual els valors de saturació no han estat elevats.

La comprovació d'aquestes hipòtesis permetrà, a més a més, obtenir una eina per corregir amb les variables ambientals adients les simples comparacions entre reserva i no reserva a l'hora d'avaluar l'estat dels recursos a altres indrets del litoral balear.

5. BIBLIOGRAFIA CITADA AL TEXT

BALLESTEROS, E i E. CEBRIAN. 2004. Estudi sobre la bionomia bentònica, biodiversitat i cartografia de la Reserva Marina del Nord de Menorca. Informe tècnic del Centre d'estudis Avançats de Blanes-CSIC. 110 pàg.

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.

CÔTÉ, I. M., I. MOSQUEIRA i J. D. REYNOLDS. 2001. Effects of marine reserve characteristics on the protection of fish populations: a meta-analysis. *Journal of Fish Biology*, 59: 178-189.

GARCÍA-CHARTON, J. A., A. PÉREZ-RUZAFÀ, C. MARCOS, J. CLAUDET, F. BADALAMENTI, L. BENEDETTI-CECCHI, J.M. FALCON, M. MILAZZO, P.J. SCHEMBRI, B. STOBART, F. VANDEPERRE, A. BRITO, R. CHEMELLO, M. DIMECH, P. DOMENICI, I. GUALA, L. LE DIRÉACH, E. MAGGI and S. PLANES. 2008. Effectiveness of European Atlanto-Mediterranean MPAs: Do they accomplish the expected effects on populations, communities and ecosystems?. *Journal of Nature Conservation*, 16: 193-221.

GARCÍA-CHARTON, J.A., A. PÉREZ-RUZAFÀ, P. SÁNCHEZ-JEREZ, J.T. BAYLE-SEMPERÉ, O. REÑONES and D. MORENO. 2004. Multi-scale spatial heterogeneity, habitat structure, and the effect of marine reserves on Western Mediterranean rocky reef fish assemblages. *Marine Biology*, 144: 161-182.

GREENE, L.E. & W.S. ALEVIZON. 1989. Comparative Accuracies of Visual assessment methods for coral reef fishes. *Bull. Mar. Sci*, 44: 899-912.

HALPERN, B. S i R. R. WARNER. 2002. Marine Reserves have rapid and lasting effects. *Ecology Letters*, 5: 361-366.

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.

KAUFMANN, K. W. 1981. Fitting and using growth curves. *Oecologia*, 49: 293-299.

LUCKHURST, B.E & K. LUCKHURST. 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*, 49: 317-323.

McCLANAHAN, T.R. & R. ARTHUR. 2001. The effect of marine reserves and habitat on populations of east african coral reef fishes. *Ecological Applications*, 11: 559-569.

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. SUAÚ, B. MORALES-NIN, A.M. GRAU. 2005. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediterranean Sea. *Mar. Ecol.Prog. Ser.*, 304: 221-233.

RUSS, G. R and A. C. ALCALA. 1996. Marine reserves: rates and patterns of recovery and decline of large predatory fish. *Ecological Applications*, 6(3): 947-961.

RUSS, G.R & A.C. ALCALA. 2004. Marine reserves: long-term protection is required for full recovery of predatory fish populations. *Oecologia*, 138: 622-627.

SERVEI DE RECURSOS MARINS. 2008. Avaluació de la proposta del Consell Insular de Formentera per establir zones de veda per a la pesca submarina al seu litoral. Servei de Recursos Marins. Direcció General de Pesca. Govern de les Illes Balears. 25 pàg.

STOBART, B., R. WARWICK, C. GONZÁLEZ, S. MALLOL, D. DÍAZ, O. REÑONES y R. GOÑI. 2009. Long-term and spillover effects of a marine protected area on an exploited fish community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 384: 47-60.

UNDERWOOD, A.J. 1997. Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge. University Press.

WHITE, A.T., P. M. ALIÑO, A. T. MENESES. 2006. Creating and managing marine protected areas in the Philippines-Fisheries. Improved for Sustainable Harvest Project. Philippines Marine Science Institute. Coastal Conservation and Education Foundation, Inc. University of the Philippines marine Science Institute. Cebu, City. Philippines.