

LA RESERVA MARINA DEL LLEVANT DE MALLORCA.
SEGUIMIENTO DE LAS ESPECIES ÍCTICAS VULNERABLES
SOBRE SUBSTRATO ROCOSO. Junio de 2021.



G CONSELLERIA
O AGRICULTURA,
I PESCA I ALIMENTACIÓ
B SERVEIS MILLORA
/ AGRÀRIA I PESQUERA



UNIÓN EUROPEA

FONDO EUROPEO MARÍTIMO
Y DE PESCA (FEMP)


Reserves Marines
de les Illes Balears



Autores:

Gabriel Morey, Josep Coll, Maria Arpa (Tragsatec)

Oliver Navarro (Govern de les Illes Balears)



Resumen ejecutivo

La campaña de seguimiento de la Reserva Marina del Llevant de Mallorca-Cala Rajada (RMLL) de 2021 se llevó a cabo del 1 al 8 de Junio. Se realizaron censos visuales con escafandra autónoma en 6 lugares de la reserva integral y en otros dos localizados fuera de la RMLL y tomados como zona control. Se completaron 32 transectos de 50x5 m (250 m²) en el estrato superficial (3-15 m de profundidad), que supusieron un área de 8000 m².

El seguimiento de la RMLL mediante censos visuales cuenta con una serie histórica de 7 campañas, iniciada en 2008. Esta última campaña de 2021 ha diferido de las anteriores debido a que el objetivo principal ha sido intensificar la información de la zona de reserva integral, añadiendo para ello nuevos sitios de muestreo. Esto permitirá mejorar el modelo de la capacidad de carga que ofrecen las zonas cerradas a la pesca en las Illes Balears. Por otra parte, el muestreo de la zona control ha permitido evaluar las diferencias debidas a la protección, aunque en este informe solamente se han tenido en cuenta las diferencias espaciales (lugares protegidos vs. no protegidos), y no la evolución temporal de unos y otros. En total, se han registrado 15 especies, 12 de las cuales son demersales.

Los análisis estadísticos de los cuatro indicadores evaluados (riqueza de especies, densidad de individuos, biomasa total de especies vulnerables, y biomasa de especies vulnerables de nivel trófico elevado -NT>3,5-) no han mostrado diferencias entre los 6 sitios de la reserva integral, ni entre la reserva integral y la zona control. La única excepción a esto se ha dado en la densidad total dentro de la reserva integral, siendo mayor en uno de los nuevos sitios de muestreo debido a la abundancia de reclutas de mojarras (*Diplodus vulgaris*). Así, esta mayor densidad de individuos de pequeña talla no se ha traducido en una mayor biomasa. Esta, aunque no de manera significativa, ha sido mayor en uno de los sitios de muestreo tradicionales (R2, N'Àlità), donde han tenido mayor protagonismo especies más sedentarias y mejor indicadoras de los efectos de la protección como son el mero *Epinephelus marginatus* y, sobre todo, el corvallo *Sciaena umbra*.

Las variables de hábitat incluidas en los análisis (profundidad media, rugosidad y pendiente de los transectos), y que se espera que puedan influir sobre los indicadores de las poblaciones de peces analizados, han presentado una homogeneidad considerable, lo que induce a pensar en la existencia de otras variables ambientales, seguramente de mesoescala, que afectan a dichas poblaciones. Este es, precisamente, uno de los aspectos

a dilucidar en la definición del modelo de predicción de la capacidad de carga de los hábitats infralitorales de las Illes Balears.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

A partir de la solicitud cursada en 2001 por parte de la cofradía de Cala Rajada, en 2007 se creó la Reserva Marina del Levante de Mallorca-Cala Rajada (RMLL) con el objetivo de proteger los recursos pesqueros locales. En 2003 la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears llevó a cabo un estudio previo para obtener una descripción lo más precisa posible de las poblaciones de peces de roca con interés pesquero presentes en la RMLL. Los resultados de este trabajo (Morey et al., 2005) permitieron determinar el estado cero o punto de partida, base indispensable para evaluar la evolución temporal de las poblaciones de peces en función de las eventuales medidas de gestión que se puedan establecer en una zona. También con anterioridad a la creación de la RMLL, el Centre Oceanogràfic de Balears (Instituto Español de Oceanografía) realizó un estudio (proyecto PESCALA I) de las pesquerías artesanales en el ámbito de la futura reserva para establecer el punto cero. Las limitaciones de usos y actividades establecidas en la reserva una vez creada fueron fruto de acuerdos entre las administraciones responsables del desarrollo normativo relativo a la pesca en este entorno y otros sectores involucrados, como cofradías de pescadores, asociaciones de pesca deportiva y representantes de asociaciones empresariales relacionadas con el turismo.

La zonificación de la RMLL resultante es compleja, con diferentes regulaciones relativas a las características de los artes y el esfuerzo de pesca permitidos, así como la limitación de otros usos y actividades. Esta estructuración espacial y su reglamentación, con un área central de máxima protección (reserva integral, en la zona del Cap Ferrutx), rodeada por un área de amortiguación, donde ciertas modalidades de pesca y otros usos están regulados, atiende a la capacidad de recuperación de los ecosistemas marinos litorales sujetos a protección y su capacidad de aportar recursos pesqueros a las zonas adyacentes (Goñi et al., 2006, 2008; Stobart et al., 2008). En la Figura 1.1 se muestra la zonificación tenida en cuenta a lo largo del estudio de la reserva, donde se han considerado 3 niveles de protección en el interior de la RMLL: 1) Reserva integral, donde se prohíbe cualquier actividad extractiva; 2) Reserva parcial de ámbito autonómico, situada en la zona de aguas interiores y gestionada por el Govern de les Illes Balears, donde se permite la pesca artesanal y la recreativa con regulaciones de artes, aparejos y esfuerzo pesquero; y 3) Reserva parcial de ámbito estatal, situada en la zona de aguas exteriores y gestionada por el Gobierno de España, donde se permite la pesca artesanal y la recreativa con regulaciones de artes, aparejos y esfuerzo pesquero.

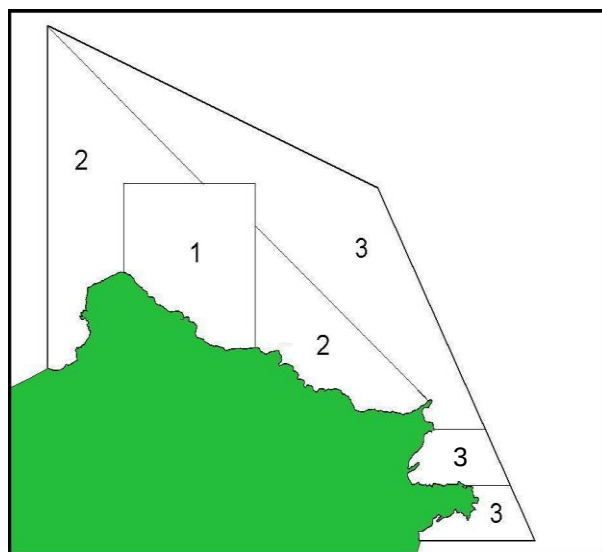


Figura 1.1. Zonificación establecida en la RMLL. 1: Reserva integral; 2: Reserva parcial de ámbito balear; 3) Reserva parcial de ámbito estatal. No se han diferenciado las áreas etiquetadas como 3 que, a pesar de estar identificadas en la normativa, no disponen de medidas diferenciadas de gestión tal como ocurre también con el Faralló d'Albarca.

Entre 2008 y 2010, la Direcció General de Pesca i Medi Marí y el Centre Oceanogràfic de Balears realizaron conjuntamente el seguimiento científico de las poblaciones de peces litorales de la RMLL, que quedó interrumpido hasta que en 2016 se reanudó. El presente informe técnico se corresponde con los resultados del seguimiento que la Direcció General de Pesca i Medi Marí ha realizado en 2021.

En este informe se presentan los resultados de la comparación espacial, solamente para el año 2021, de una serie de indicadores evaluados en la zona de la reserva integral de la RMLL. El objetivo de la campaña de 2021 ha sido doble: por una parte, se ha abordado una ampliación del número de sitios o estaciones de estudio en el estrato superficial (5-15 m de profundidad) en el interior de la reserva integral, pasando de los 2 sitios tradicionales a 6. Este objetivo se enmarca en un proyecto de mayor alcance, a escala balear, en el cual se pretende conocer la variación de la biomasa virgen (no pescada) en las zonas de máxima protección o reservas integrales. Gracias a los estudios de seguimiento de las reservas marinas de las Illes Balears se ha puesto de manifiesto que algunas de las reservas integrales presentan valores de biomasa bajos, lo cual indica que el nivel de protección per se no es un buen predictor de la biomasa que se puede establecer en un determinado lugar. Así, conocer otros factores implicados en esta variación se erigía como una tarea pendiente. Aunque esta problemática ya se abordó en el estudio de Coll

et al. (2013), el incremento de biomasa observado en otras reservas marinas, transcurridos más de 15 años de protección total, hacía necesario actualizar los resultados y ampliar la escala espacial de estudio. Esto permitirá determinar los condicionantes locales para alcanzar una capacidad de carga (Coll et al., 2012) y determinar a partir de ella puntos de referencia en sitios explotados (Caddy i Mahon, 1995; McClanahan *et al.*, 2011, 2019). El esfuerzo de muestreo ha estado más enfocado, por tanto, en conocer la variación a mediana escala espacial, entre sitios separados cientos de metros en el interior de la reserva integral, que no a nivel local, tal como se venía haciendo en el seguimiento tradicional. En este informe se presentan los resultados preliminares de este estudio de mayor escala geográfica.

Por otra parte, también se ha evaluado el efecto de la protección, comparando los dos sitios tradicionales de la reserva integral con dos sitios control situados fuera de la RMLL (Es Carregador y Es Morràs, localizados al sur de la reserva).

2. ÀREAS DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

2.1. El área de estudio y el diseño de muestreo

2.1.1. Los sitios de estudio

La RMLL ocupa un área de 11.000 hectáreas marinas, de las cuales 5.900 se encuentran en aguas interiores, gestionadas por el Govern de les Illes Balears, y 5.100 en aguas exteriores, gestionadas por el Gobierno de España. La mayor parte de la reserva integral, que abarca 1.900 ha, se encuentra dentro de la zona de aguas interiores (Figura 1.1).

Para la campaña de 2021 se seleccionaron 6 sitios de muestreo dentro de la reserva integral: los dos tradicionales (identificados como R1 –Cala Fosca- y R2 –N’Àlitx) y cuatro nuevos (R3, R4, R5 y R6) (Figura 2.1). Estos sitios se caracterizan por presentar fondos rocosos circunscritos a la franja de costa, aunque con diferencias entre sí en cuanto a variables de hábitat en los propios sitios (profundidad, rugosidad y pendiente) o a nivel de mesoescala (siendo especialmente importante la conectividad con los hábitats adyacentes).

Los dos sitios control muestreados en 2021 se correspondieron con los identificados como NRB1 (Es Carregador) y NRB2 (Es Morràs) en informes anteriores. Estos dos sitios se localizan al sur de la RMLL (Figura 2.1).

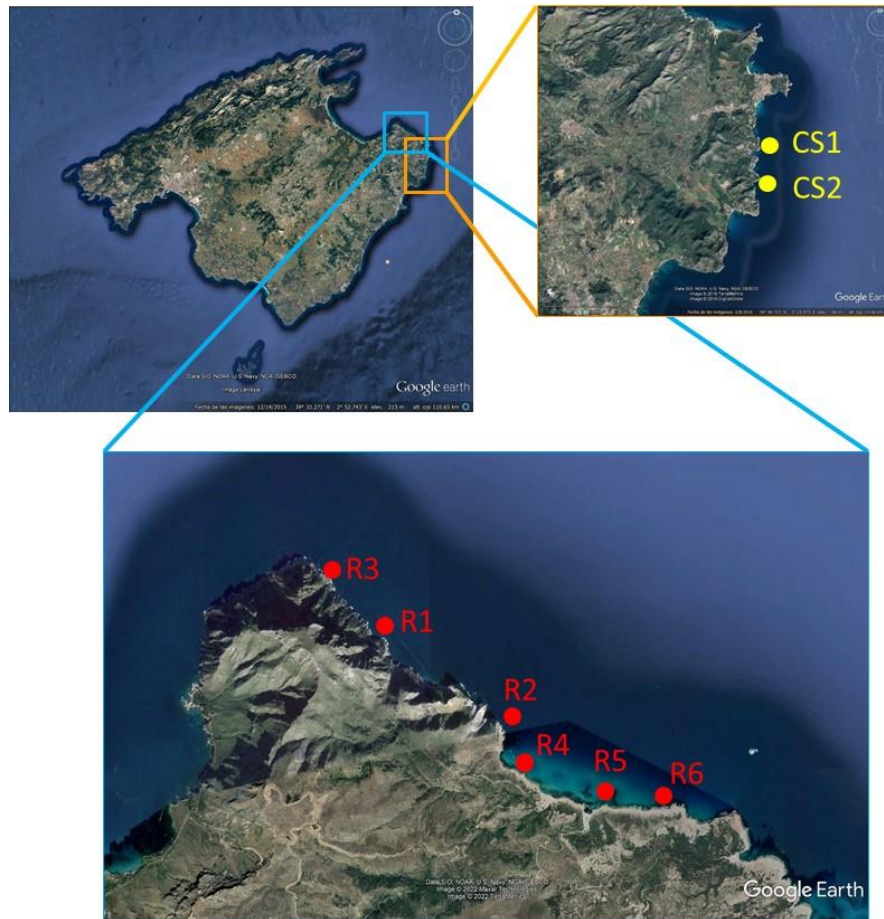


Figura 2.1. Mapa de la zona de estudio con la localización de los sitios muestreados.

2.1.2. La toma de datos

La unidad de muestra fue el transecto de 50x5 m (250 m²) que se extendía sobre el perfil del fondo con una cinta métrica mientras el buceador avanzaba. Cada transecto fue muestreado por dos buceadores sobre un conjunto de especies que por sus características lo hacía casi cerrado: especies de sustrato rocoso, objetivo de la pesca profesional, submarina y recreativa y con *home ranges* reducidos. El primer buceador, más avanzado,

censaba las especies más móviles. El segundo buceador, siempre por detrás del primero, censaba las especies más crípticas o refugiadas en oquedades. Las especies tratadas se agrupan, en su mayoría, en las categorías espaciales 3, 5 y 6 de Harmelin (1987). Este grupo reducido de especies mejora considerablemente la precisión del censo, tal como Greene y Alevizon (1989) demostraron con el llamado *Discret Group Censusing*; consume menos tiempo y permite un mayor número de réplicas que cuando se tiene en cuenta toda la comunidad de peces. Asimismo, al tratarse de un método de toma de datos no destructivo, su aplicación es especialmente adecuada en estudios relacionados con las áreas marinas protegidas. Cada buceador estaba familiarizado en el reconocimiento de las especies, el censo y la estima de las tallas tras seguir protocolos de entrenamiento con distribuciones de peces artificiales y contrastar el agrupamiento por clase de talla que menos diferencia proporciona entre la distribución observada y la real mediante un test de Kolmogorov-Smirnov (Bell et al., 1985). Todos los transectos se distribuyeron al azar siempre sobre sustrato rocoso entre 3 y 15 m de profundidad y con una distancia entre transectos contiguos superior a 20 m para evitar casos de autocorrelación (Ordines et al., 2005).

En cada sitio de muestreo se llevaron a cabo 4 transectos o réplicas.

Sobre cada uno de los transectos se identificaron las especies objetivo y se estimó el número de individuos y su talla. Se procuró, en todo caso, que la estima del número de ejemplares fuera lo más precisa posible. Si los peces formaban grupos densos, se atribuyó el número de individuos estimado a clases de abundancia preestablecidas que seguían, aproximadamente, una progresión geométrica de clase 2 (1; 2; 3-5; 6-10; 11-30; 31-50; 51-100; etc.). Las tallas se estimaron en clases de 2 cm. El error en la estimación visual de las tallas ha demostrado ser mínimo en ejemplares de hasta 30 cm de longitud total, pero se incrementa, tendiendo a una cierta subestima, en clases de talla superiores. En cualquier caso, y a pesar del error inherente al observador, ha sido demostrado que a partir de inventarios visuales, incrementando si es necesario el intervalo establecido en la precisión (de 2 a 4 o 5 cm), en peces con tamaños variables de hasta 60 cm de longitud total, se podía obtener una distribución de tallas que no difería significativamente de la real.

Las especies vulnerables observadas en los transectos se pudieron agrupar dentro de las categorías espaciales 1, 3, 5 y 6 de las seis que fueron definidas por Harmelin (1987) y que, brevemente descritas, son las siguientes:

Categoría 1: peces que se mueven en aguas libres, generalmente muy móviles y de carácter errático. Pueden formar bancos y son de actividad generalmente diurna. Entre ellas encontramos el dentón (*Dentex dentex*), la serviola o pez de limón (*Seriola dumerili*) y las barracudas (*Sphyraena* spp).

Categoría 3: peces característicamente necto-bentónicos, en general mesófagos, que efectúan desplazamientos verticales moderados y horizontales importantes, pero con una marcada fidelidad por zonas determinadas. Todos pertenecen a la familia de los espáridos y presentan una actividad básicamente diurna. Los sargos picudos, los sargos y las mojarras (*D. puntazzo*, *D. sargus*, *D. vulgaris*), la chopá (*Spondyllosoma cantharus*) la dorada (*Sparus aurata*) son los representantes típicos. Esta categoría está integrada por especies que eran muy apreciadas por los pescadores profesionales, deportivos y submarinos; por lo cual son *a priori* buenas indicadores del grado de explotación o de protección de una zona determinada (Garcia-Rubies, 1997).

Categoría 5: Peces necto-bentónicos meso y macrocarnívoros, marcadamente sedentarios, con desplazamientos verticales y horizontales poco importantes. Los grandes lábridos (*Labrus* spp.) y los serránidos (*Epinephelus* spp. y *Mycteroperca rubra*) son los representantes más típicos.

Categoría 6: Peces necto-bentónicos muy sedentarios con desplazamientos verticales y horizontales poco importantes, que dependen de guaridas que ofrecen un refugio momentáneo o un reposo cíclico. Pueden presentar una actividad diurna o nocturna; en esta categoría se incluyen especies como el congrio (*Conger conger*), la morena (*Muraena helena*), el corvallo (*Sciaena umbra*), los escorpénidos o la brótola de roca (*Phycis phycis*).

Además de los datos referentes al poblamiento de peces, sobre cada transecto se realizó una caracterización del hábitat en base a los rasgos más relevantes del fondo. Así, se registró siempre la profundidad mínima, máxima y media, y se tipificó la naturaleza física del sustrato en base al tipo de cobertura. Esta se diferenció en: roca homogénea; grandes bloques ($\varnothing > 2\text{m}$), bloques medios ($1\text{m} < \varnothing < 2\text{m}$) y bloques pequeños ($\varnothing < 1\text{m}$); la cobertura de arena o grava, y la de *Posidonia oceanica*. Las coberturas de cada tipo de sustrato se estimaron en base a los porcentajes ocupados sobre la longitud total del transecto, señalada por la cinta métrica de 50m que sirve de cuerda guía. El relieve del

fondo, o "rugosidad" (sensu Lukhurst y Lukhurst, 1978), se estimó de visu, estableciéndose una escala de 4 grados: 1: relación entre la longitud real y la longitud lineal, igual o ligeramente superior a 1, sin grietas ni anfractuosidades aparentes, ni importantes variaciones verticales; 2: relación entre ambas longitudes claramente superior a 1, con variaciones verticales poco importantes (menores de 2m) y pocas grietas y anfractuosidades; 3: relación entre longitud real y lineal claramente superior a 1,5, con grietas y anfractuosidades de una cierta entidad, ocupando, al menos un 25% de la longitud total del transecto y/o variaciones verticales de más de 2m; 4: presencia de grietas importantes, ocupando más del 25% de la longitud del transecto y/o profundas variaciones verticales con una relación entre la longitud real y la lineal cercana o superando el 2. Finalmente, en cada transecto se estimó la pendiente del sustrato en base a una escala establecida del 1 al 4, siendo: 1, una pendiente de entre 0 y 30°; 2 de 30 a 60; 3 de 60 a 90°; y 4, si la pendiente superaba los 90°, formando superficies extraplomadas.

2.2. Tratamiento estadístico de los datos

A partir de los datos de especies y tallas se generó una matriz de muestras/especie/densidad y otra de muestras/especie/biomasa. Cada transecto fue tomado como unidad de muestra o réplica, y se calculó el número de especies vulnerables, la densidad total de peces, la biomasa total, la biomasa de especies con nivel trófico elevado ($NT > 3,5$, según Froese y Pauly, 2021), y la densidad y la biomasa para cada especie. Para el cálculo de la biomasa se utilizaron las relaciones talla:peso descritas por Morey et al. (2003). La riqueza se calculó para todo el conjunto de especies vulnerables, mientras que el resto de indicadores se calculó para las especies demersales más residentes, con *home range* reducido, obviando las especies de carácter más divagante o pelágico (categoría 1 de Harmelin, 1987).

Se llevaron a cabo dos análisis separados. En primer lugar, se realizó una comparación entre los 6 sitios muestreados dentro de la reserva integral. Este análisis estuvo mayormente dirigido a determinar el efecto de las covariables de hábitat (la profundidad media, la rugosidad y la pendiente) sobre cada transecto. Así, para cada indicador se realizó un análisis de la covarianza, con el sitio como factor fijo principal, y extrayendo el efecto de las covariables citadas, tomadas como variables continuas.

En segundo término, se procedió a la valoración de los efectos de la protección, considerando únicamente el año 2021, en cada uno de los dos niveles de protección muestreados en esta campaña (reserva integral vs. zona control). Es decir, sin tener en cuenta la evolución a lo largo del tiempo de los sitios estudiados. De esta manera se analizaron los dos sitios de la reserva integral estudiados desde 2003, y los dos sitios control ubicados al sur de la RMLL. Esta comparación se llevó a cabo mediante un análisis de la varianza (ANOVA) con un factor fijo denominado “Protección”(Ph), que recoge las diferencias entre los niveles de protección y se replica espacialmente en “sitios”(Zi), aleatorios y encajados dentro del nivel de protección. Así, cada réplica o transecto (Xhijk) se puede definir como la suma de la media global (μ) de todas las réplicas efectuadas, más la variación creada por el efecto protección (Ph), más la variación debida al sitio *i* en el nivel de protección *h* Zi(*h*), más el término de error debido a la variación entre réplicas (ehijk). El modelo lineal queda, pues, así:

$$Xhijk = \mu + Ph + Zi(h) + ehijk.$$

Previamente al análisis se comprobó la homogeneidad de las varianzas (mediante el test de Cochran (Zar, 1984)), la ausencia de correlación entre medias y desviaciones típicas, y la normalidad de los datos. En el caso, frecuente, que no cumplieran estos requerimientos, los datos fueron transformados logarítmicamente ($x' = \log(x + 1)$). En cualquier caso, los datos fueron analizados a pesar de que no se cumplieran todas estas condiciones, tomando la precaución de elevar el nivel de significación hasta 0,01 (en lugar del habitual $p < 0,05$) con el fin de evitar el riesgo de cometer un error de tipo I, es decir, de afirmar que hay diferencias cuando realmente no las hay (Underwood, 1997). En todos aquellos casos en que el efecto de la zona no resultó significativo ($p > 0,25$), se procedió a realizar un *pooling* de las sumas cuadráticas de este factor anidado y de los términos de error (Underwood, 1997). De esta manera se incrementó el poder de detectar diferencias debidas a la interacción entre el nivel de protección y el tiempo.

En los casos en que se detectaron diferencias entre sitios o debidas al nivel de protección, se analizaron las diferencias entre ellos mediante los tests *a posteriori* de Newman-Keuls.

Todos los análisis fueron llevados a cabo con el programa Statistica 6.0.

3. RESULTADOS

3.1. Variación espacial de los indicadores en la reserva integral

3.1.1. Las especies y la riqueza

Tabla 3.1.1. Abundancia de las especies registradas en cada uno de los 6 sitios de muestreo en el interior de la reserva integral.

	Reserva Integral					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Categoría 1						
<i>Dentex dentex</i>	0	0	3	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	8	0	1
<i>Sphyræna viridensis</i>	1	0	2	0	0	0
Categoría 3						
<i>Diplodus puntazzo</i>	0	0	1	2	0	5
<i>Diplodus sargus</i>	28	16	24	45	102	53
<i>Diplodus vulgaris</i>	49	115	90	72	216	146
<i>Sparus aurata</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Spondyllosoma cantharus</i>	0	0	1	1	2	1
Categoría 5						
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Epinephelus marginatus</i>	3	4	3	2	4	4
<i>Labrus merula</i>	3	3	0	3	0	7
<i>Labrus viridis</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	1	12	0	0	0	1
<i>Umbrina cirrosa</i>	0	0	0	0	0	3
Categoría 6						
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	0	0	1	0
Número de especies	7	6	8	8	5	10

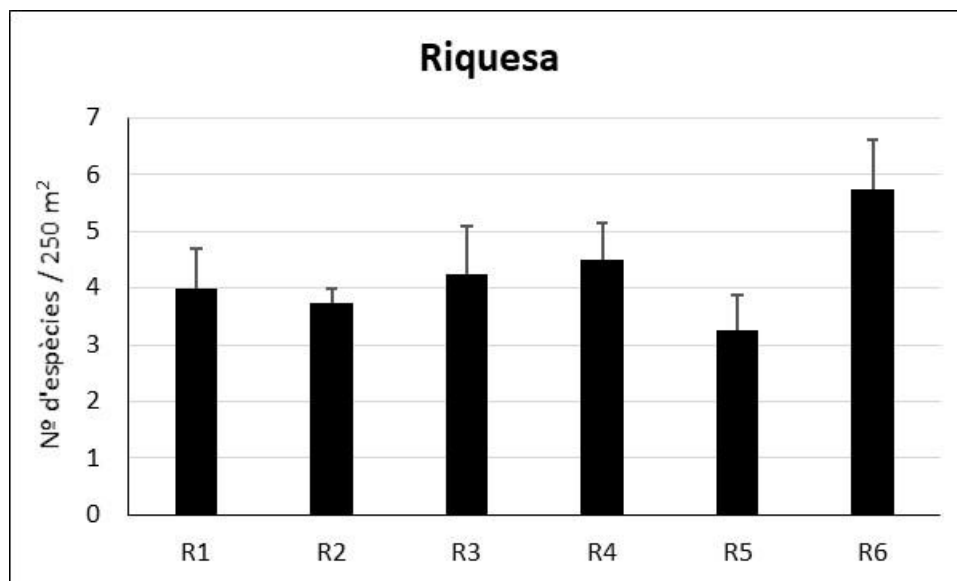


Figura 3.1.1. Riquesa de especies (número de especies/250 m²; media ± EE) obtenida en cada uno de los 6 sitios de muestreo en el interior de la reserva integral.

Tabla 3.1.2. A) Análisis de la covarianza para la riqueza de especies entre los 6 sitios censados en la reserva integral. B) Análisis de la covarianza para la riqueza de especies entre los 6 sitios censados en la reserva integral y las covariables: ProfM (profundidad media), Rugosidad y Pendiente. SQ: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F= F test; p= nivel de significancia (**en rojo si significativo; $p < 0,05$**).

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	433,500	1	433,500	229,500	0,000000
Zona	14,500	5	2,900	1,535	0,228585
Error	34,000	18	1,889		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	3,242	1	3,242	1,481	0,242348
Zona	12,379	5	2,476	1,131	0,386158
ProfM	0,081	1	0,081	0,037	0,849570
Rugosidad	0,002	1	0,002	0,001	0,976069
Pendiente	0,894	1	0,894	0,408	0,532464
Error	32,827	15	2,188		

3.1.2. Densidad total de especies vulnerables (Dt)

Tabla 3.1.3. Densidad media (número de individuos/250 m² ± EE) de las especies registradas en cada uno de los 6 sitios de muestreo en el interior de la reserva integral.

	R1		R2		R3		R4		R5		R6	
	M	EE	M	EE	M	EE	M	EE	M	EE	M	EE
Dt	21,25	4,27	37,75	11,40	30	12,93	31,5	9,56	81,25	6,54	55,25	15,93
<i>E.costae</i>	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0,25
<i>E. marginatus</i>	0,75	0,25	1	0,58	0,75	0,48	0,5	0,29	1	0,41	1	0,41
<i>L. merula</i>	0,75	0,48	0,75	0,48	0	0	0,75	0,48	0	0	1,75	0,75
<i>L. viridis</i>	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
<i>S. umbra</i>	0,25	0,25	3	1,78	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25
<i>S. porcus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
<i>S. aurata</i>	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. puntazzo</i>	0	0	0	0	0,25	0,25	0,5	0,29	0	0	1,25	0,25
<i>D. sargus</i>	7	1,47	4	1,47	6	1,87	11,25	1,93	25,5	3,28	13,25	0,85
<i>D. vulgaris</i>	12,25	3,71	28,75	11,87	22,5	10,41	18	8,77	54	7,55	36,5	16,15
<i>S. cantharus</i>	0	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25
<i>U. cirrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,75

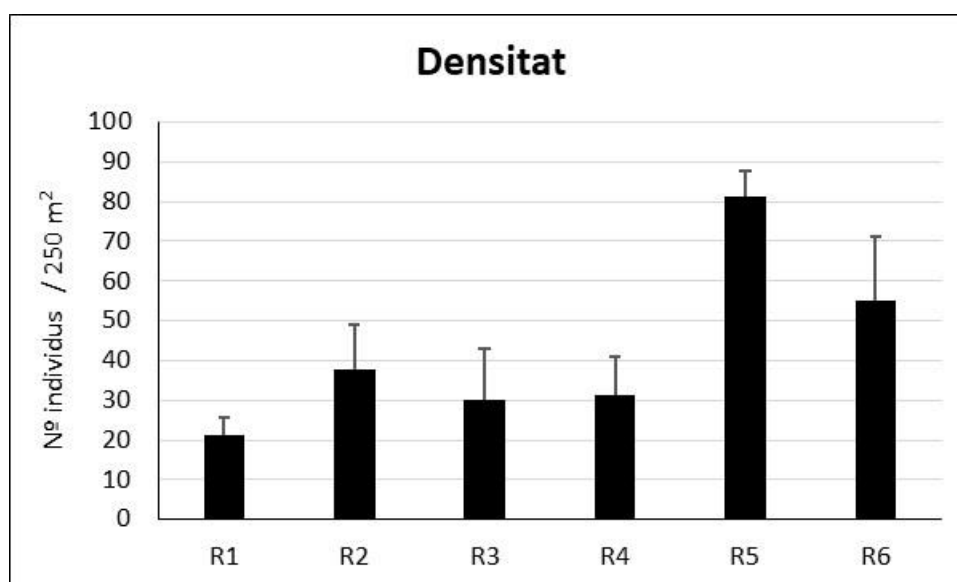


Figura 3.1.2. Variación de la densidad media de especies vulnerables (número de individuos/250 m² ± EE) entre los 6 sitios de muestreo de la reserva integral de la RMLLM.

Tabla 3.1.4. A) Análisis de la covarianza para la biomasa de especies entre los 6 sitios censados en la reserva integral. B) comparación a posteriori entre pares de sitios mediante el test de Newman-Keuls. C) Análisis de la covarianza para la biomasa de especies entre los 6 sitios censados en la reserva integral y las covariables: ProfM (profundidad media), Rugosidad y Pendiente. SQ: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F= F test; p= nivel de significancia (**en rojo si significativo; $p < 0,05$**).

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	44032,67	1	44032,67	93,909	0,000000
Zona	9659,33	5	1931,87	4,120	0,011392
Error	8440,00	18	468,89		
B)	R2	R3	R4	R5	R6
R1	0,707190	0,574887	0,783988	0,011036	0,216857
R2		0,869372	0,688091	0,027957	0,268182
R3			0,923154	0,026091	0,378001
R4				0,021186	0,291843
R5					0,106862
C)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	254,077	1	254,077	0,494	0,492885
Zona	6095,258	5	1219,052	2,371	0,089533
ProfM	102,148	1	102,148	0,199	0,662192
Rugosidad	2,747	1	2,747	0,005	0,942700
Pendiente	547,662	1	547,662	1,065	0,318440
Error	7713,852	15	514,257		

3.1.4. Biomasa total de especies vulnerables (Bt)

Tabla 3.1.5. Biomasa media (g/250 m² ± EE) de las especies registradas en cada uno de los 6 sitios de muestreo en el interior de la reserva integral.

	R1		R2		R3	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Biomasa total	3208,3	833,6	7413,4	2821,8	3344,7	1617,7
Biomasa NT>3,5	796,5	455,1	2714,0	1218,9	616,9	525,1
<i>Diplodus puntazzo</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	63,3	63,3
<i>Diplodus sargus</i>	928,6	278,0	635,2	180,0	729,2	225,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	1483,2	374,1	4064,1	2270,3	1893,8	794,3
<i>Epinephelus costae</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Epinephelus marginatus</i>	392,1	278,8	463,1	283,5	612,5	526,1
<i>Labrus merula</i>	212,3	187,8	127,7	78,4	0,0	0,0
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	102,4	102,4	4,3	4,3
<i>Sciaena umbra</i>	127,6	127,6	2020,9	1201,4	0,0	0,0
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	64,6	64,6	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	41,5
<i>Umbrina cirrosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	R4		R5		R6	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Biomasa total	2025,9	272,9	4102,0	662,0	3108,5	685,8
Biomasa NT>3,5	349,3	173,1	372,8	131,0	967,7	378,5
<i>Diplodus puntazzo</i>	141,3	82,5	0,0	0,0	179,9	52,3
<i>Diplodus sargus</i>	1018,1	290,2	2131,6	634,7	1010,6	356,1
<i>Diplodus vulgaris</i>	494,3	132,0	1524,8	194,4	810,6	377,9
<i>Epinephelus costae</i>	65,9	65,9	0,0	0,0	65,9	65,9
<i>Epinephelus marginatus</i>	82,7	51,3	344,6	128,1	213,0	82,4
<i>Labrus merula</i>	200,8	167,2	0,0	0,0	535,1	247,2
<i>Labrus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Sciaena umbra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	153,7	153,7
<i>Scorpaena porcus</i>	0,0	0,0	28,3	28,3	0,0	0,0
<i>Sparus aurata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	22,8	22,8	72,7	72,7	16,0	16,0
<i>Umbrina cirrosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	123,9	123,9

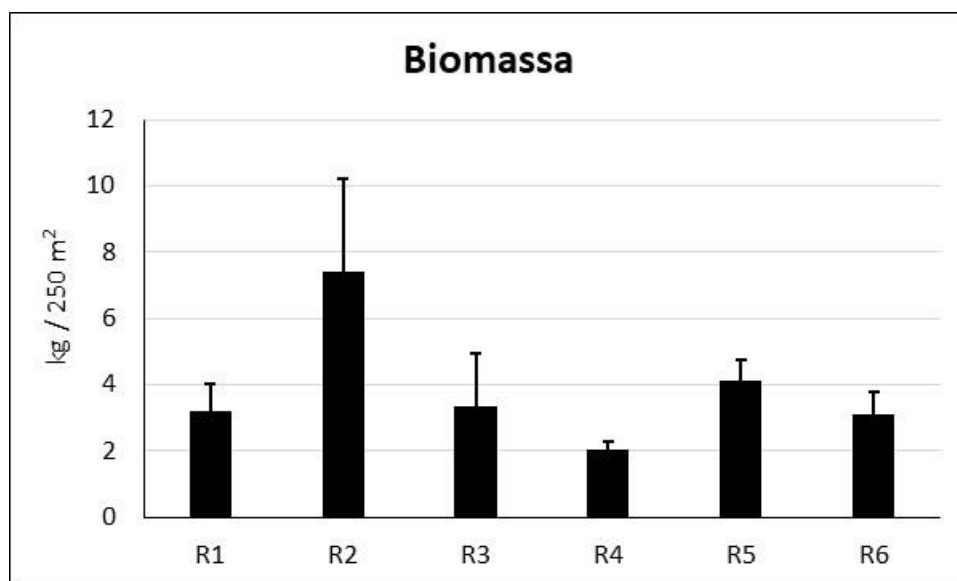


Figura 3.1.3. Variación de la biomasa media de especies vulnerables (kg/250 m² ± EE) entre los 6 sitios de muestreo de la reserva integral de la RMLLM.

Tabla 3.1.6. A) Análisis de la covarianza para la biomasa de especies entre los 6 sitios censados en la reserva integral. B) Análisis de la covarianza para la riqueza de especies entre los 6 sitios censados en la reserva integral y las covariables: ProfM (profundidad media), Rugosidad y Pendiente. SQ: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F= F test; p= nivel de significancia (en rojo si significativo; p<0,05).

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	291,721	1	291,721	3529,908	0,000000
Zona	0,514	5	0,103	1,243	0,330353
Error	1,488	18	0,083		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	1,039	1	1,039	11,402	0,004152
Zona	0,229	5	0,046	0,503	0,769700
ProfM	0,025	1	0,025	0,270	0,610853
Rugosidad	0,103	1	0,103	1,130	0,304527
Pendiente	0,001	1	0,001	0,010	0,921829
Error	1,367	15	0,091		

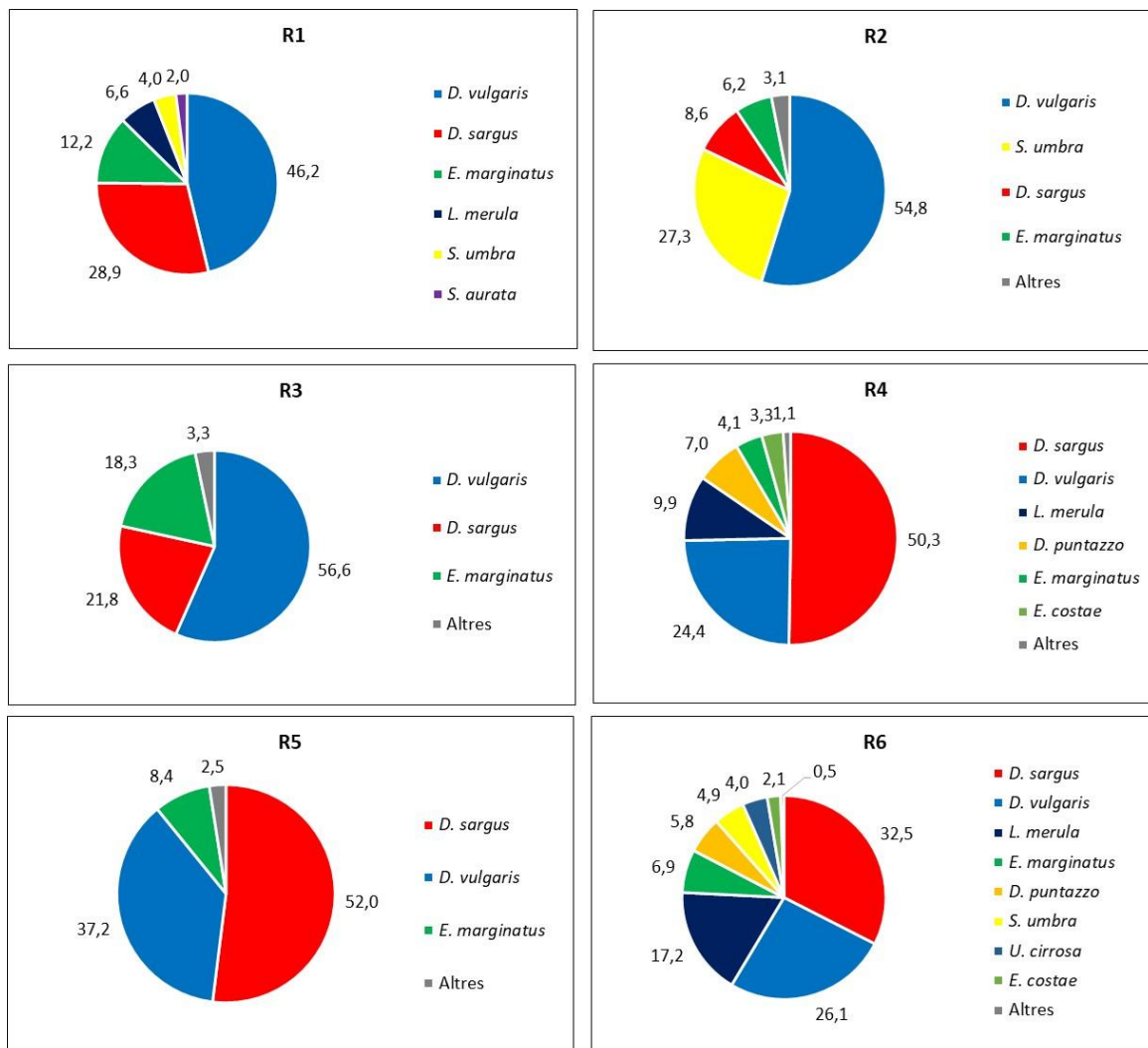


Figura 3.1.4. Contribución relativa a la biomasa total (%) de les especies censadas en los 6 sitios de la reserva integral muestreados en 2021.

3.1.5. Biomasa de especies demersales de mayor nivel trófico (NT>3,5)

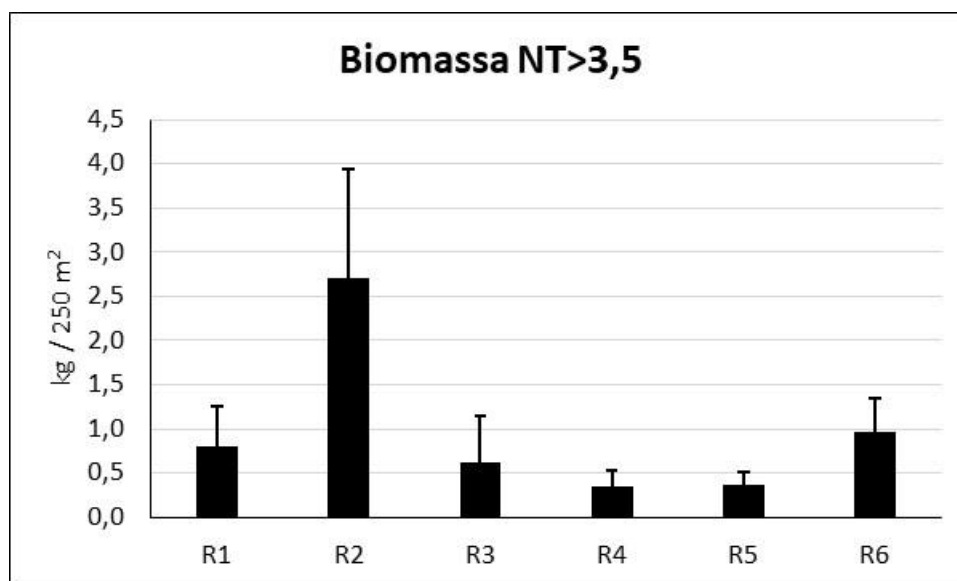


Figura 3.1.5. Variación de la biomasa media (kg/250 m² ± EE) de especies vulnerables con nivel trófico >3,5 entre los 6 sitios de muestreo de la reserva integral de la RMLLM.

Tabla 3.1.7. A) Análisis de la covarianza para la biomasa de especies con nivel trófico >3,5 entre los 6 sitios censados en la reserva integral. B) Análisis de la covarianza para la riqueza de especies entre los 6 sitios censados en la reserva integral y las covariables: ProfM (profundidad media), Rugosidad y Pendiente. SQ: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F= F test; p= nivel de significancia (**en rojo si significativo; p<0,05**).

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	132,230	1	132,230	107,116	0,000000
Zona	8,886	5	1,777	1,440	0,257936
Error	22,220	18	1,234		
	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	0,028	1	0,028	0,021	0,885925
Zona	7,295	5	1,459	1,116	0,393324
ProfM	1,980	1	1,980	1,515	0,237398
Rugosidad	0,073	1	0,073	0,056	0,815974
Pendiente	0,543	1	0,543	0,415	0,529042
Error	19,614	15	1,308		

3.2. Comparación espacial de los indicadores entre la reserva integral y las zonas control

3.2.1. Riqueza de especies vulnerables

Tabla 3.2.1. Abundancia de las especies registradas en cada uno de los 2 sitios de muestreo en el interior de la reserva integral (R1 y R2) y en la zona control (NR1 y NR2).

	Reserva Integral		No Reserva	
	R1	R2	NR1	NR2
Categoría 1				
<i>Dentex dentex</i>	0	0	0	0
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0
<i>Sphyraena viridensis</i>	1	0	0	0
Categoría 3				
<i>Diplodus puntazzo</i>	0	0	0	1
<i>Diplodus sargus</i>	28	16	28	17
<i>Diplodus vulgaris</i>	49	115	31	91
<i>Sparus aurata</i>	1	0	0	0
<i>Spondylusoma cantharus</i>	0	0	1	5
Categoría 5				
<i>Epinephelus costae</i>	0	0	0	0
<i>Epinephelus marginatus</i>	3	4	1	2
<i>Labrus merula</i>	3	3	1	4
<i>Labrus viridis</i>	0	1	0	0
<i>Sciaena umbra</i>	1	12	0	1
<i>Umbrina cirrosa</i>	0	0	0	0
Categoría 6				
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	1	0
Número de especies	7	6	6	7

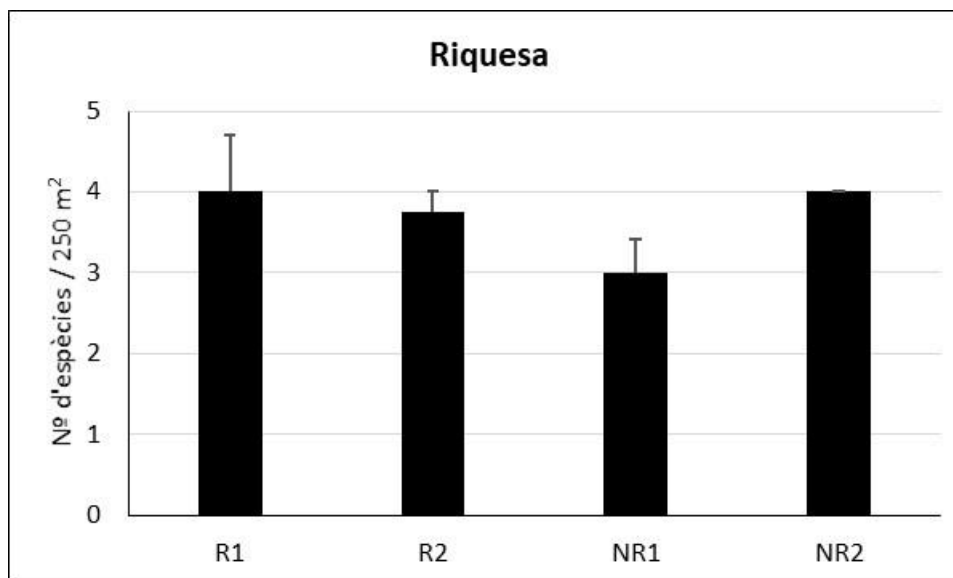


Figura 3.2.1. Riqueza de especies (número de especies/250 m²; media ± EE) obtenida en cada uno de los 2 sitios de muestreo en el interior de la reserva integral (R1 y R2) y de la zona control (NR1 y NR2).

Tabla 3.2.2. A) Análisis de la covarianza para a la riqueza de peces censados en los 2 sitios en la reserva integral y los 2 sitios control. SQ: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F= F test; p= nivel de significancia (en rojo si significativo; $p < 0,05$). B) Análisis mediante integración (*pooling*) de las sumas de cuadrados del efecto Zona y del error.

A)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	217,5625	1	217,5625	204,7647	0,004848
Prot	0,5625	1	0,5625	0,5294	0,542504
Zona (Prot)	2,1250	2	1,0625	1,4571	0,271314
Error	8,7500	12	0,7292		
B)	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	217,563	1	217,563	280,080	0,000000
Prot	0,563	1	0,563	0,724	0,409109
Error	10,875	14	0,777		

3.2.2. Densidad total de especies vulnerables (Dt)

Tabla 3.2.3. Densidad media (número de individuos/250 m² ± EE) de las especies registradas en cada uno de los 2 sitios de muestreo en el interior de la reserva integral (R1 y R2) y en la zona control (NR1 y NR2).

	R1		R2		NRB1		NRB2	
	M	EE	M	EE	M	EE	M	EE
Dt	21,25	4,27	37,75	11,40	15,75	1,31	30,25	10,48
<i>E.costae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. marginatus</i>	0,75	0,25	1	0,58	0,25	0,25	0,5	0,29
<i>L. merula</i>	0,75	0,48	0,75	0,48	0,25	0,25	1	0,41
<i>L. viridis</i>	0	0	0,25	0,25	0	0	0	0
<i>S. umbra</i>	0,25	0,25	3	1,78	0	0	0,25	0,25
<i>S. porcus</i>	0	0	0	0	0,25	0,25	0	0
<i>S. aurata</i>	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
<i>D. puntazzo</i>	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25
<i>D. sargus</i>	7	1,47	4	1,47	7	0,71	4,25	1,65
<i>D. vulgaris</i>	12,25	3,71	28,75	11,87	7,75	1,65	22,75	10,44
<i>S. cantharus</i>	0	0	0	0	0,25	0,25	1,25	0,95
<i>U. cirrosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

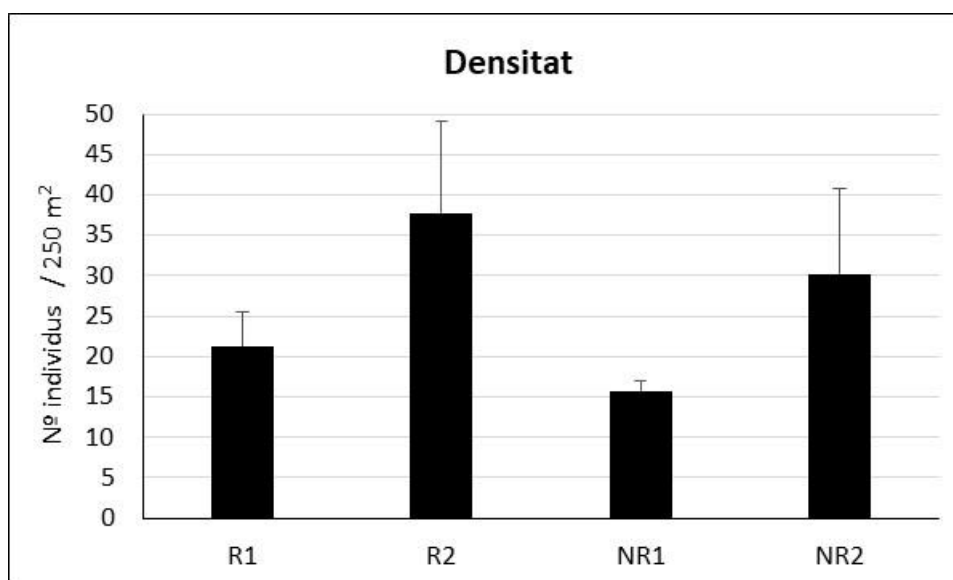


Figura 3.2.2. Variación de la densidad media de especies vulnerables (número de individuos/250 m² ± EE) entre los 2 sitios de muestreo de la reserva integral (R1 y R2) y de la zona control (NR1 y NR2).

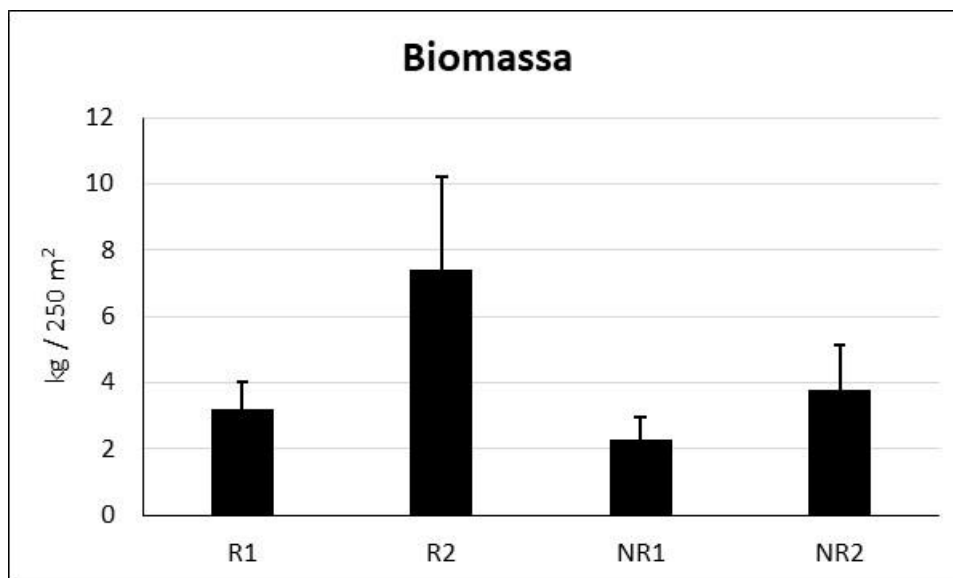


Figura 3.2.3. Variación de la biomasa media de especies vulnerables (kg/250 m² ± EE) entre los 2 sitios de muestreo de la reserva integral (R1 y R2) y de la zona control (NR1 y NR2).

Tabla 3.2.6. A) Análisis de la covarianza para a la biomasa de peces censados en los 2 sitios en la reserva integral y los 2 sitios control. SQ: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F= F test; p= nivel de significancia (**en rojo si significativo; p<0,05**).

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	278992763	1	278992763	14,050	0,064378
Prot	20614676	1	20614676	1,038	0,415445
Zona (Prot)	39714311	2	19857156	1,812	0,205206
Error	131473037	12	10956086		

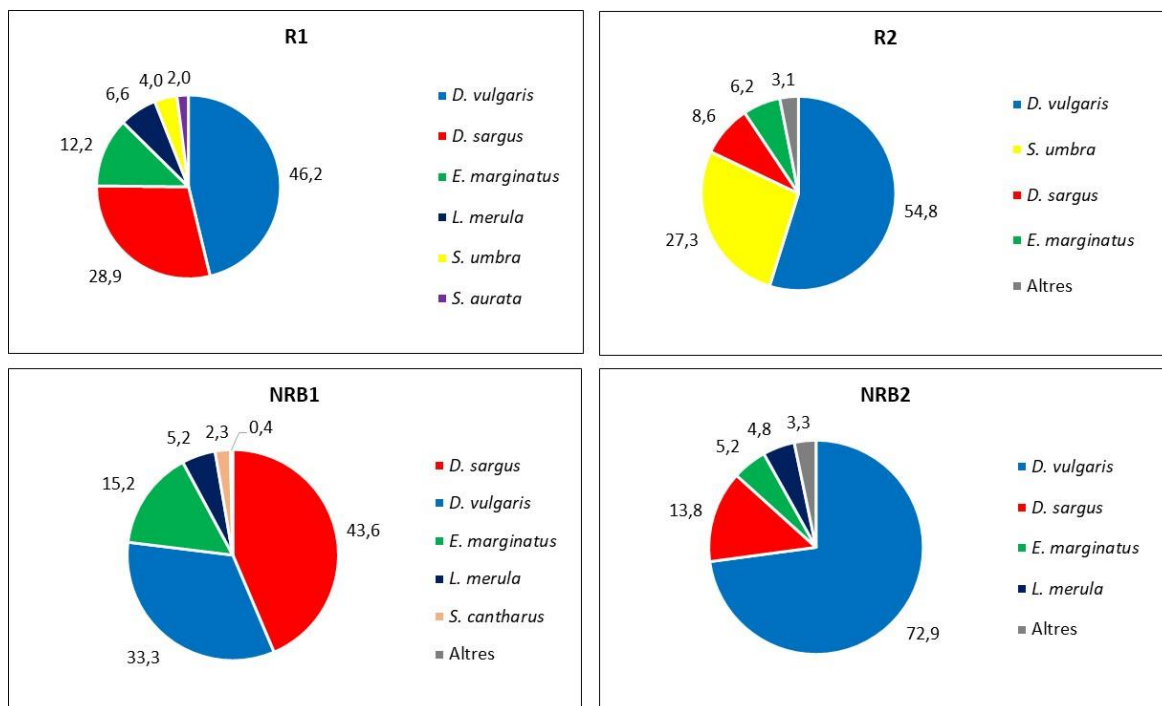


Figura 3.2.4. Contribución relativa a la biomasa total (%) de las especies censadas en los sitios R1 y R2 de la reserva integral y en los dos sitios control muestreados en 2021.

3.2.4. Biomasa de especies demersales de mayor nivel trófico (NT>3,5)

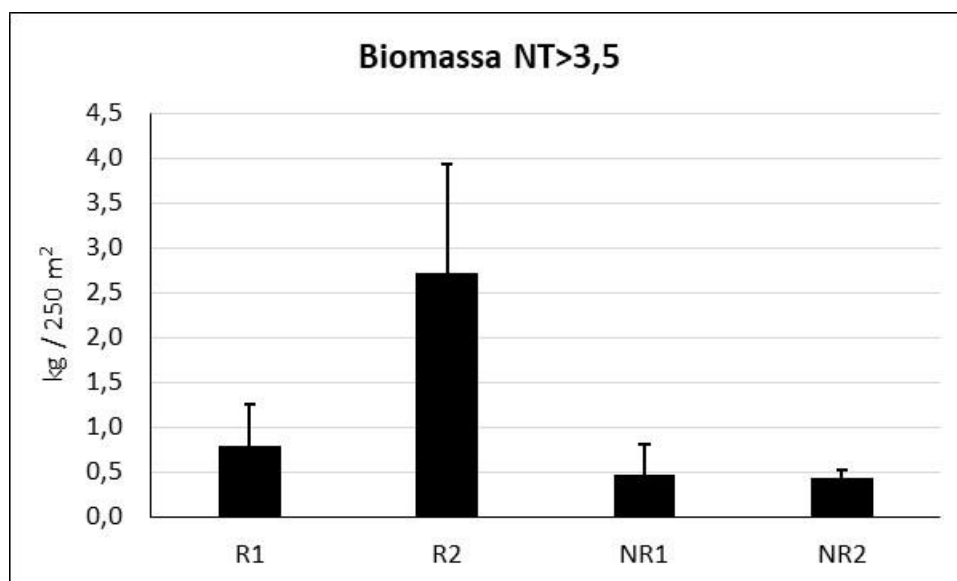


Figura 3.2.5. Variación de la biomasa media (kg/250 m² ± EE) de especies vulnerables con nivel trófico >3,5 entre los 2 sitios de muestreo de la reserva integral (R1 y R2) y de la zona control (NR1 y NR2).

Tabla 3.2.7. A) Análisis de la covarianza para la biomasa de peces censados en los 2 sitios en la reserva integral y los 2 sitios control. SQ: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F= F test; p= nivel de significancia (**en rojo si significativo; p<0,05**).

	SQ	GL	MQ	F	p
Intercept	105,023	1	105,023	93,618	0,010514
Prot	1,894	1	1,894	1,688	0,323467
Zona (Prot)	2,244	2	1,122	1,639	0,234861
Error	8,215	12	0,685		

4. CONCLUSIONES

Comparación de los 6 sitios situados en la reserva integral:

- 1) En el conjunto de los 6 sitios de muestreo de la reserva integral se han censado 15 especies vulnerables. La riqueza media ha sido de 4,25 especies/250 m², valor que se sitúa en el intervalo ya observado entre 2016 y 2020, y que supone un aumento al registrado en el periodo 2008-2010 (intervalo: 3,1 – 3,6 especies/250 m²). Los dos sitios de muestreo tradicionales (R1: Cala Fosca y R2: N'Àltx) han presentado valores por debajo de la media, mientras que dos de los sitios muestreados por primera vez han mostrado valores superiores a la media (R4: 4,5 especies/250 m², y R6: 5,75 especies/250 m²).
- 2) La densidad media de los 6 sitios de estudio ha sido de 43 individuos/250 m², prácticamente igual que la obtenida para los dos sitios tradicionales en 2020 (45 individuos/250 m²). No obstante, existen diferencias entre sitios: el sitio 5 ha presentado una densidad (81 individuos/250 m²) superior a los sitios 1, 2, 3 y 4. Estas diferencias desaparecen cuando introducimos las covariables (profundidad media, rugosidad y pendiente) en el análisis, lo que indica que, aunque no ejercen una influencia significativa, pequeñas variaciones de dichas variables tienen su incidencia en la densidad de peces.
- 3) Dejando de lado la ortodoxia de los análisis estadísticos, y analizando de manera conjunta los datos de riqueza y los de abundancia por especies, observamos que el sitio 5 presenta la mayor densidad media ($81 \pm 6,5$ individuos/250 m²), pero el menor número de especies ($3,25 \pm 0,63$ individuos/250 m²). Esto es debido a la mayor abundancia de las dos especies dominantes: el sargo *Diplodus sargus* y la mojarra *Diplodus vulgaris*, con valores muy por encima de los registrados en el resto de sitios de muestreo.
- 4) La biomasa total de especies demersales vulnerables, tomada como indicador principal del estado de las poblaciones ícticas, ha mostrado valores discretos, con una media de $3,9 \pm 0,6$ kg/250 m² para toda la reserva integral, con solamente un sitio (R2, N'Àltx) por encima de los 5 kg/250 m², valor considerado como umbral de poblaciones en buen estado. Aun así, no se han detectado diferencias entre los sitios estudiados.

- 5) La biomasa de especies con nivel trófico alto ha mostrado un patrón similar al de la biomasa total, con un valor promedio para toda la reserva integral muy bajo ($0,97 \pm 0,3 \text{ kg/250 m}^2$; intervalo: $0,4 - 2,7 \text{ kg/250 m}^2$), y con solamente uno de los sitios situándose por encima de 1 kg/250 m^2 (de nuevo, N'Àlitx: $2,7 \pm 1,2 \text{ kg/250 m}^2$).

Comparación de los 2 sitios tradicionales en la reserva integral con los dos sitios control:

- 6) La riqueza de especies ha presentado valores muy similares entre la reserva integral y la zona control ($3,9 \pm 0,3 \text{ especies/250 m}^2 - 3,5 \pm 0,3 \text{ especies/250 m}^2$, respectivamente), y que son considerados bajos en el marco de los obtenidos en otras AMPs de las Illes Balears.
- 7) La densidad media para los dos sitios tradicionales de la reserva integral (R1 y R2) ha sido ligeramente superior a la obtenida en los sitios control ($29,5 \pm 6,4 \text{ individuos/250 m}^2$ y $23 \pm 5,6 \text{ individuos/250 m}^2$, respectivamente). Se observa una mayor variación dentro de un mismo nivel de protección que entre la reserva integral y la zona control.
- 8) La biomasa media para los dos sitios de la reserva integral ha sido de $5,3 \pm 1,6 \text{ kg/250 m}^2$, y de $3 \pm 0,8 \text{ kg/250 m}^2$ para los dos sitios control. Esta diferencia viene determinada por el valor obtenido en el sitio R2 (N'Àlitx: $7,4 \text{ kg/250 m}^2$), mientras que el sitio R1 (Cala Fosca) se ha situado en el intervalo de valores registrado en la zona control.
- 9) Las diferencias de biomasa de especies con nivel trófico alto han sido más acusadas que las de la biomasa total, aunque tampoco han resultado estadísticamente significativas. Para este indicador, la influencia ejercida por el sitio R2 es mayor, debido a la mayor abundancia de corvallos *Sciaena umbra*.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, J. D., CRAIK, G.J.S., POLLARD, D.A y B.C. RUSSELL. 1985. Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater. *Coral Reefs* 4: 41-44.
- CADDY J.F. y R. MAHON. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. Rome, FAO, 83 pp.
- COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY y A.M. GRAU. 2012. The carrying capacity and the effects of protection level in three MPAs in the Balearic Islands (NW Mediterranean). *Scientia Marina* 76(4): 809-826.
- COLL, J., A. GARCIA-RUBIES, G. MOREY, O. REÑONES, D. ÁLVAREZ-BERASTEGUI, O. NAVARRO y A.M. GRAU. 2013. Using no-take marine reserves as a tool for evaluating rocky-reef fish resources in the western Mediterranean. *ICES Journal of Marine Science* 70(3): 578-590.
- FROESE, R. y D. PAULY. Editors. 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión (08/2021).
- GARCIA-RUBIES, A. 1997. Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània Occidental: efectes de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- GOÑI R., QUETGLAS A. y REÑONES O. 2006. Spillover of lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) from a western Mediterranean marine reserve. *Marine Ecology Progress Series* 308: 207-219.
- GOÑI R., S. ADLERSTEIN, D. ALVAREZ-BERASTEGUI, A. FORCADA, O. REÑONES, G. CRIQUET, S. POLTI, G. CADIOU, C. VALLE, P. LENFANT, P. BONHOMME, A. PÉREZ-RUZAFÁ, J. L. SÁNCHEZ-LIZASO, J. A. GARCÍA-CHARTON, G. BERNARD, V. STELZENMÜLLER y S. PLANES. 2008. Spillover from six western Mediterranean marine protected areas: evidence from artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress Series* 366: 159–174. doi: 10.3354/meps07532
- GREENE, L.E. y ALEVIZON, W.S. 1989. Comparative Accuracies of Visual assesment methods for coral reef fishes. *Bulletin of Marine Science* 44: 899-912.

- HARMELIN, J-G.** 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rochouse protégée en Méditerranée (Parc national de port Cros, France). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology* 8: 263-284.
- LUKHURST, B.E. y K. LUKHURST.** 1978. Analysis of the influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology* 49: 317-323.
- McCLANAHAN, T. M., R. E. SCHROEDER, A. M. FRIEDLANDER, L. VIGLIOLA et al.,** 2019. Global baselines and benchmarks for fish biomass: comparing remote reefs and fisheries closures. *Marine Ecology Progress Series* 612: 167-192.
- McCLANAHAN, T. R., N. A. J. GRAHAM, M. A. MacNEIL, N. A. MUTHIGA, J. E. CINNER, J. H. BRUGGEMANN y S. K. WILSON.** 2011. Critical thresholds and tangible targets for ecosystem-based management of coral reef fisheries. *PNAS*. 108: 17230-17233.
- MOREY, G., J. MORANTA., E. MASSUTI, A. GRAU, M. LINDE, F. RIERA y B. MORALES-NIN.** 2003. Weight-length relationship of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research* 62: 89-96.
- MOREY, G., GARCIA-RUBIES, A., HEREU, B. y COLL, J.** 2005. Estat actual de les poblacions de peixos vulnerables a la pesca en els fons rocosos de la futura Reserva Marina de Llevant (NE de Mallorca). Informe tècnic de Tragsatec per a la Direcció General de Pesca del Govern de les Illes Balears. 48 pp.
- ORDINES F., MORANTA J., PALMER M., LERYCKE A., SUAUA A., MORALES-NIN B y A.M. GRAU.** 2005. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 304: 221-233.
- STOBART B., REÑONES O., MALLOL S., GOÑI R., COLL J. y MOREY G.** 2008. Seguimiento del efecto reserva en la Reserva Marina del Levante de Mallorca y su entorno. Instituto Español de Oceanografía. COB-RESERVAS / 2008-1, 18 pp.
- 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.