

En la elaboración de este capítulo han participado:

Natalia Barrientos y Raquel Vaquer-Sunyer a partir de los resultados cedidos por los autores de los informes técnicos citados en el apartado de referencias y por las instituciones: Centro Oceanográfico de Baleares-Instituto Español de Oceanografía (COB-IEO), Direcció General de Pesca i Medi Marí, Estación de Investigación Jaume Ferrer (EIJF), Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM) y Tragsatec.

Seguimiento de peces en áreas marinas protegidas

1. Biomasa total (kg/250 m²)

2. Riqueza específica (número de especies/250 m²)

El monitoreo de las especies de peces vulnerables a la pesca dentro de las áreas marinas protegidas (AMP) promueve tres beneficios principales:

- Proporciona una mejor comprensión del funcionamiento de las AMP y de los beneficios ecológicos y socioeconómicos que aportan.
- Amplía el conocimiento sobre los impactos en el ecosistema marino, ya que los seguimientos de peces evidencian cómo la pesca y otras actividades humanas afectan a sus poblaciones.
- Ayuda a evaluar e implementar la gestión de las AMP, por ejemplo en su diseño y zonificación.

La práctica de distintas modalidades de pesca —tanto la profesional (principalmente trasmallo y palangre), la recreativa en sus diferentes modalidades (caña, volantín, *fluixa/curricán* y submarina) como la furtiva e ilegal— constituye la mayor presión para las comunidades ícticas (de peces) de la zona litoral.¹

Esta presión ha aumentado en las últimas décadas debido a un número creciente de pescadores recreativos que utilizan técnicas cada vez más sofisticadas, como sondas GPS, posicionadores estáticos, programas de cartografía, etc. Un resultado de esta presión es la desestabilización del ecosistema marino a causa de la pérdida de ejemplares de nivel trófico superior de algunas especies (por ejemplo, depredadores apicales) y la disminución de su talla. A su vez, estos cambios se convierten en pérdida de la calidad de las capturas por parte de los pescadores profesionales. Además de la pesca, la proliferación de algas, invertebrados y, en menor medida, de peces alóctonos y eventualmente invasores, pueden contribuir a alterar los hábitats marinos.

Los indicadores de riqueza de especies y de biomasa total son sensibles a la explotación pesquera de las zonas de estudio, y su uso es conveniente porque responden rápidamente a los cambios de las distintas medidas de gestión.^{2,3} El indicador de riqueza de especies vulnerables a la pesca (número

de especies/250 m²) muestra el número promedio de especies observadas e indica el grado de incidencia de la pesca en la comunidad íctica. La biomasa total de especies vulnerables a la pesca (kg/250 m²) está muy correlacionada con la talla y la abundancia de las especies, y se relaciona, por tanto, con el nivel de explotación pesquera.

Estudios realizados en reservas marinas de las Baleares han demostrado que la gestión pesquera en AMP produce el denominado «efecto reserva», por el cual se empieza a observar una recuperación de las especies explotadas que es proporcional a los años de gestión.^{4,5} No obstante, en las AMP de las Baleares el efecto reserva no ha sido siempre el esperado.

La importancia de estudiar los indicadores de riqueza de especies y de biomasa en poblaciones de peces vulnerables a la pesca radica en el hecho de ser:

- Especies valoradas en el mercado, principalmente longevas y con edades de madurez sexual tardía.
- Elementos clave del ecosistema.
- Indicadoras del grado de explotación pesquera.
- Indicadoras para la evaluación de la gestión pesquera.

¿QUÉ ES?

La riqueza de especies vulnerables a la pesca nos indica el número promedio de especies observadas en 250 m², mientras que la biomasa total muestra el peso de las especies en 250 m². Ambos indicadores se utilizan para mostrar el grado de incidencia de la pesca en las poblaciones de peces y proporcionan conocimiento sobre cómo funcionan las áreas marinas protegidas (AMP).

METODOLOGÍA

La riqueza específica se determina realizando censos visuales a lo largo de transectos de 50 m de largo x 5 m de ancho (Área = 250 m²). La zona de estudio son nueve reservas marinas de interés pesquero (Bahía de Palma, Migjorn de Mallorca, Isla del Toro-Islas Malgrats, Levante de Mallorca, Freu de sa Dragonera, Norte de Menorca, Illa de l'Aire, Freus de Ibiza y Formentera y Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago), un parque natural (Parque Natural de S'Albufera des Grau) y un parque nacional (Parque Nacional Marítimoterrestre del Archipiélago de Cabrera). En cada AMP se realizan seguimientos en zonas diferentes: (i) reserva parcial (se prohíbe la pesca de arrastre y se regula la pesca artesanal/recreativa); (ii) zona de control (sin prohibiciones pesqueras y con hábitats similares); y (iii) reserva integral (se prohíben todas las actividades pesqueras).

Los seguimientos se realizan desde el año 2000 por parte de la Direcció General de Pesca i Medi Marí

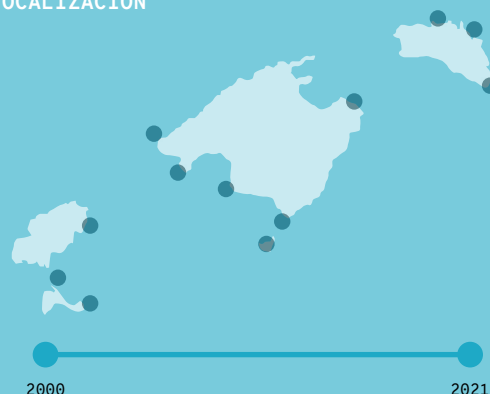
RESULTADOS

- Las AMP que incrementan su biomasa con los años de protección son: Sa Dragonera, Isla del Toro, Islas Malgrats, Levante de Mallorca, Migjorn de Mallorca, Bahía de Palma, Norte de Menorca, Illa de l'Aire, Puntade sa Creu y Freus de Ibiza y Formentera.
- Las AMP que disminuyen la biomasa con los años de seguimiento son: Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago, Parque Natural de S'Albufera des Grau y Parque Nacional Marítimoterrestre del Archipiélago de Cabrera.
- En aguas superficiales (5-15 m), la máxima biomasa superficial registrada se obtiene en la Reserva Marina del Levante de Mallorca (Fa-

¿POR QUÉ?

Estos indicadores reaccionan ante las actividades de explotación pesquera y, por tanto, informan del estado de las comunidades de peces vulnerables a la pesca en cada AMP. Esta información es de gran importancia, ya que ayuda a buscar mejoras en la gestión de las AMP para obtener resultados óptimos de conservación y regeneración de los recursos pesqueros.

LOCALIZACIÓN



del Govern de les Illes Balears a través de la empresa pública Tragsasec. En la Reserva Marina de la Illa de l'Aire y el Parque Natural de S'Albufera des Grau, el organismo encargado de los seguimientos es el Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM), junto con el Instituto Español de Oceanografía (COB-IEO), a través de la Estación de Investigación Jaume Ferrer de La Mola.

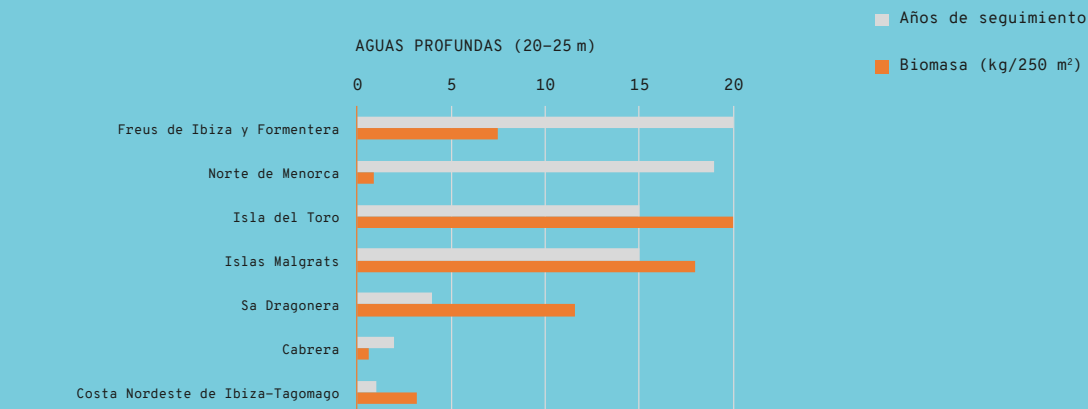
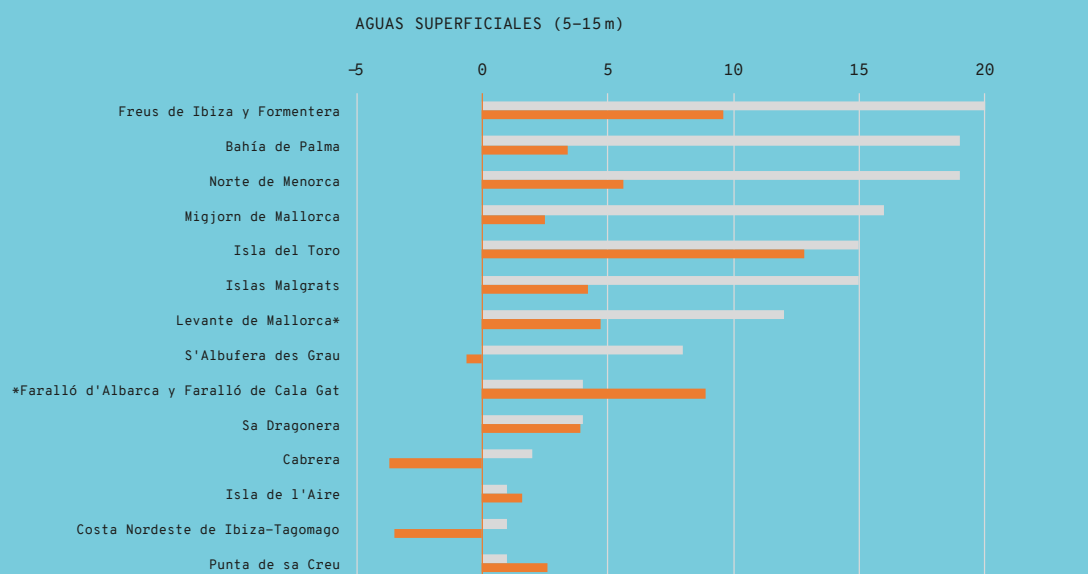
En esta ficha se muestran datos de biomasa total y riqueza específica de las reservas marinas de interés pesquero en las zonas de aguas superficiales de la reserva parcial que disponen de ≥ 10 años de seguimiento. Los datos han sido extraídos de diversos informes técnicos de las instituciones: Centro Oceanográfico de Baleares-Instituto Español de Oceanografía (COB-IEO), Direcció General de Pesca i Medi Marí, Estación de Investigación Jaume Ferrer (EIJF), Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM) y Tragsatec.^{4, 7, 10-33}

ralló de Cala Gat, 25,2 kg/250 m²), mientras que la mínima, de 3,2 kg/250 m², se registra en las reservas marinas de la Bahía de Palma y el Migjorn de Mallorca. Por otro lado, la máxima riqueza específica se observa en el Faralló de Cala Gat (6,8 especies/250 m²), mientras que la mínima se obtiene en la Bahía de Palma (3,3 especies/250 m²).

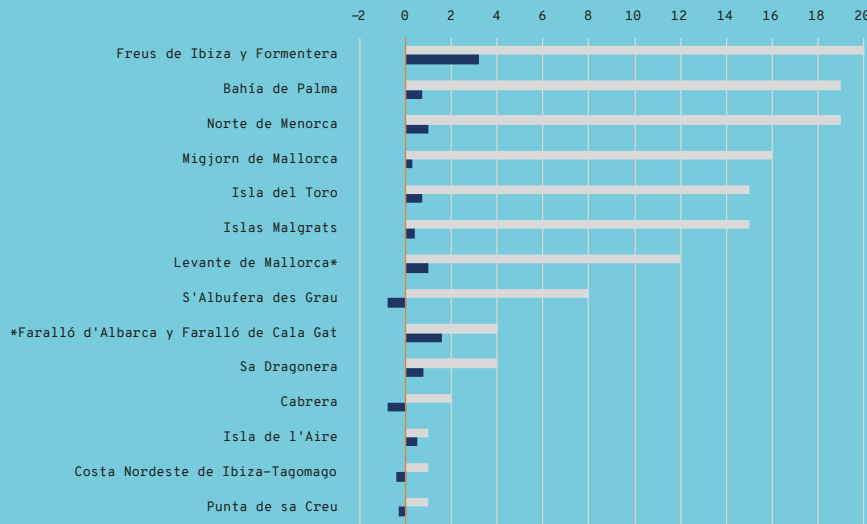
- En aguas profundas (20-25 m), se ha obtenido la máxima biomasa en Isla del Toro (48 kg/250 m²) y la mínima en la reserva integral del Norte de Menorca (4,7 kg/250 m²). La máxima y mínima riqueza específica se registra en Sa Dragonera (8,2 especies/250 m²) y la Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago (3,8/250 m²), respectivamente.

Cambios en la biomasa y la riqueza específica de peces vulnerables a la pesca en áreas marinas protegidas (AMP) entre el primer y el último año con datos de seguimiento. Los cambios se calculan contabilizando la media de reservas integrales y parciales en caso de que dispongan de ambos tipos. Si no se especifica, los datos de la tabla se refieren a aguas superficiales. FUENTE: diversos informes técnicos procedentes de las instituciones COB-IEO, Direcció General de Pesca i Medi Marí, EIJF, OBSAM y Tragsatec.^{4, 7, 10-33}

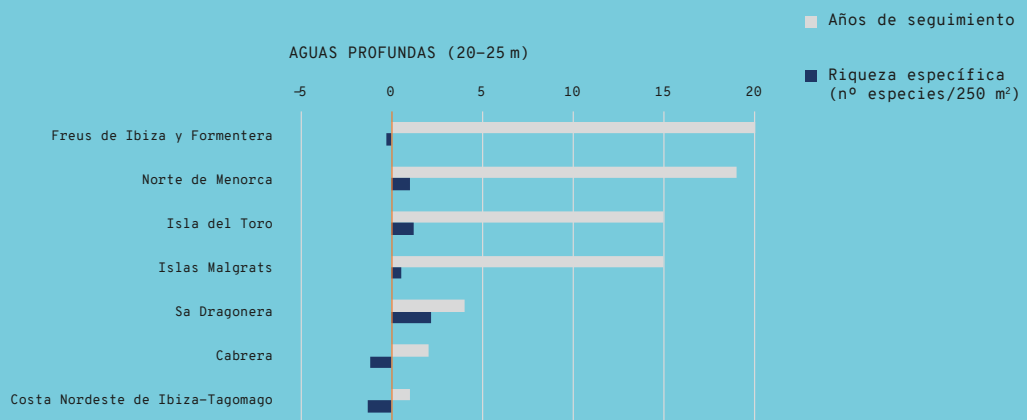
Tipo de AMP	Nombre del AMP	Rango de años con resultados de seguimiento de peces	Cambio biomasa (kg/250 m ²)	Cambio riqueza específica (nº especies/250 m ²)
Reserva marina	Freus de Ibiza y Formentera	20	+ 9,6 (aguas superficiales) + 7,5 (aguas profundas)	+ 3,2 (aguas superficiales) - 0,3 (aguas profundas)
Reserva marina	Bahía de Palma	19	+ 3,4	+ 0,7
Reserva marina	Norte de Menorca	19	+ 5,6 (aguas superficiales) + 0,9 (aguas profundas)	+ 1 (aguas superficiales) + 1 (aguas profundas)
Reserva marina	Migjorn de Mallorca	16	+ 2,5	+ 0,3
Reserva marina	Isla del Toro	15	+ 12,8 (aguas superficiales) + 41,2 (aguas profundas)	+ 0,7 (aguas superficiales) + 1,2 (aguas profundas)
	Islas Malgrats	15	+ 4,2 (aguas superficiales) + 18 (aguas profundas)	+ 0,4 (aguas superficiales) + 0,5 (aguas profundas)
Reserva marina	Levante de Mallorca*	12	+ 4,7	+ 1
Parque natural	S'Albufera des Grau	8	- 0,6	- 0,8
Reserva marina	Levante de Mallorca - Faralló d'Albarca y Faralló de Cala Gat	4	+ 8,9	+ 1,6
Reserva marina	Sa Dragonera	4	+ 3,9 (aguas superficiales) + 11,6 (aguas profundas)	+ 0,8 (aguas superficiales) + 2,2 (aguas profundas)
Parque nacional	Cabrera	2	- 3,7 (aguas superficiales) + 0,6 (aguas profundas)	- 0,8 (aguas superficiales) - 1,2 (aguas profundas)
Reserva marina	Illa de l'Aire	1	+ 1,6	+ 0,5
Reserva marina	Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago	1	- 3,5 (aguas superficiales) + 3,2 (aguas profundas)	- 0,4 (aguas superficiales) - 1,3 (aguas profundas)
Reserva marina	Punta de sa Creu	1	+ 2,6	- 0,3



AGUAS SUPERFICIALES (5-15 m)



AGUAS PROFUNDAS (20-25 m)



■ Años de seguimiento

■ Riqueza específica (nº especies/250 m²)

METODOLOGÍA

Las zonas de estudio donde se realiza el seguimiento ictiológico son AMP del tipo reservas marinas de interés pesquero, con excepción del Parque Natural de S'Albufera des Grau (en Menorca) y el Parque Nacional Marítimoterrestre del Archipiélago de Cabrera, que son espacios naturales protegidos. En las reservas marinas de interés pesquero se toman medidas efectivas de conservación de los recursos marinos mediante la prohibición de la pesca de arrastre y la regulación de la pesca artesanal y recreativa. En el Parque Natural de S'Albufera des Grau, solo se regula la pesca submarina con la obligación de solicitar una autorización específica para realizarla y con una reducción del número de días de pesca a la semana (del año 2011 al 2021). En el Parque Nacional Marítimoterrestre de Cabrera la pesca profesional está regulada por la normativa específica del parque, y la pesca recreativa no está permitida en toda su extensión.

Para determinar la riqueza y la biomasa de peces se realizan censos visuales mediante escafandra autónoma, utilizando un muestreo estándar sin carácter destructivo ni invasivo y básicamente efectivo sobre fondos duros.⁶ Este método de censos visuales se basa en el muestreo de distintas variables a lo largo de un cierto número de transectos (N) de 50 m de largo x 5 m de ancho (250 m²). Los transectos se distribuyen equitativamente entre la reserva integral (no existen en todas las reservas), la reserva parcial y las zonas de control. Las características de cada tipo de reserva son las siguientes:

- **Reserva integral (o no-take zone).** Zona donde están prohibidas todas las actividades pesqueras.
- **Reserva parcial.** Zona general de la reserva marina donde se prohíbe la pesca de arrastre y se regulan las actividades de pesca artesanal y recreativa.
- **Zona de control.** Áreas con hábitats equivalentes a la reserva pero fuera de sus límites, y que, por lo tanto, permiten la comparación entre ambas zonas.

Por lo general, se estudian hábitats idóneos para la presencia de especies de peces vulnerables a la pesca. Los hábitats que presentan mayor complejidad estructural (rugosidad), presencia de bloques de roca y con pendiente, son los que más favorecen la biomasa y la abundancia de especies vulnerables a la pesca.⁷

Los censos se realizan sobre especies características de los fondos rocosos que son vulnerables a la pesca profesional, submarina y recreativa de superficie del mar Balear. Esta submuestra de peces litorales mejora la exactitud de los censos y reduce el error en el muestreo, ya que no se censan todas las especies de peces de toda la comunidad íctica. Estas especies también son buenas indicadoras del llamado «efecto reserva», término utilizado en biología para referirse al aumento del número de individuos y de su tamaño medio.

En la Tabla 1 se indican las especies ícticas vulnerables a la pesca en AMP de las Baleares que se utilizan para calcular los indicadores de riqueza y biomasa. Todas ellas se incluyen en el cálculo de la riqueza específica. Sin embargo, cuatro especies (dentón, lubina, pez de limón y espetón) no se incluyen en el cálculo de la biomasa debido a su comportamiento más errático o de mayor desplazamiento.

El hábitat de estas especies puede ser pelágico costero (sin relación directa con el fondo) o demersal (cerca del fondo). Entre las especies demersales hay unas más residentes y otras más divagantes, variando así su área de campeo. Los seguimientos de las AMP se realizan en el estrato superficial (5-15 m), y en algunas también en el estrato profundo (20-25 m).

El indicador de biomasa total se calcula mediante la suma de los pesos de los distintos individuos que entran en el censo. El peso (W) tiene una relación específica con la talla (L) que responde a la relación: $W = aL^b$, donde a y b son constantes fijas de cada especie extraídas de Morey *et al.*⁸ y www.fishbase.org.⁹

Con el objeto de disminuir el error de muestreo del indicador de biomasa y ofrecer una descripción realista, el tratamiento estadístico se realiza sobre las especies de carácter más residente, obviando del cálculo de biomasa a las más móviles, de carácter pelágico —por ejemplo, el pez de limón (*Seriola dumerili*) y el espetón (*Sphyræna spp.*)—, o a las de carácter demersal con amplias áreas de campeo, como el dentón (*Dentex dentex*). El error de muestreo viene definido como el error estándar ($s/n^{1/2}$), donde s es la desviación típica insesgada. Un mayor error implica la existencia de mayores variaciones/oscilaciones en la riqueza/biomasa de especies entre los transectos de cada zona.

Los datos de seguimiento en las reservas marinas de interés pesquero son obtenidos por la Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; en el Parque Nacional Marítimoterrestre del Archipiélago de Cabrera, es la Dirección General de Espacios Naturales y Biodiversidad quien gestiona los seguimientos. En ambos casos, los proyectos son ejecutados por la empresa pública de estudios técnicos Tragsatec, como medio propio de la Administración. En la Reserva Marina de la Illa de l'Aire y el Parque Natural de S'Albufera des Grau, el organismo que ha realizado el seguimiento es el Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM), junto con el Instituto Español de Oceanografía (COB-IEO), a través de la Estación de Investigación Jaume Ferrer de La Mola (Direcció General d'Innovació i Investigació del Govern de les Illes Balears). Se incluyen resultados de cinco reservas marinas de interés pesquero de Mallorca, dos de Menorca y tres de las Pitiusas, así como del Parque Nacional Marítimoterrestre del Archipiélago de Cabrera y del Parque Natural de S'Albufera des Grau, que se han publicado individualmente en informes técnicos y en artículos científicos.^{4, 7, 10-33}

Tabla 1. Nomenclatura de las especies de peces vulnerables a la pesca consideradas en los estudios de seguimiento de las AMP de las Baleares.

Español	Catalán	Nombre científico	Estudio de riqueza de especies	Estudio de biomasa de especies
congrío	congre	<i>Conger conger</i>	✓	✓
dentón	déntol	<i>Dentex dentex</i>	✓	
lubina	llop	<i>Dicentrarchus labrax</i>	✓	
sargo picudo	morruda	<i>Diplodus puntazo</i>	✓	✓
sargo	sard o sarg	<i>Diplodus sargus</i>	✓	✓
mojarra	variada	<i>Diplodus vulgaris</i>	✓	✓
falso abadejo	anfós llis	<i>Epinephelus costae</i>	✓	✓
mero	anfós	<i>Epinephelus marginatus</i>	✓	✓
tordo negro	tord massot	<i>Labrus merula</i>	✓	✓
tordo verde	grivi o grívia	<i>Labrus viridis</i>	✓	✓
morena	morena	<i>Muraena helena</i>	✓	✓
gitano	anfós bord	<i>Myxeroperca rubra</i>	✓	✓
pargo	paguera o pagre	<i>Pagrus pagrus</i>	✓	✓
brótola de roca	mòllera roquera	<i>Phycis physis</i>	✓	✓
corvallo	escorball	<i>Sciaena umbra</i>	✓	✓
rascacio	escórpora, rascassa o rascla	<i>Scorpaena porcus</i>	✓	✓
cabracho	cap-roig	<i>Scorpaena scrofa</i>	✓	✓
pez de limón	cerviola, círvia o verderol	<i>Seriola dumerili</i>	✓	
dorada	orada	<i>Sparus aurata</i>	✓	✓
espetón	espet	<i>Sphyræna spp.</i>	✓	
chopa	càntera	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	✓	✓

RESULTADOS

1. Biomasa total (kg/250 m²)

Se muestra la biomasa total en superficie entre 5-15 m (Figura 1) y en profundidad entre 20-25 m (Figura 2). En superficie, la biomasa se incrementa gradualmente con los años de protección —aunque en diferente medida— en la mayoría de AMP: Sa Dragonera, Isla del Toro, Islas Malgrats, Levante de Mallorca, Migjorn de Mallorca, Bahía de Palma, Norte de Menorca, Punta de sa Creu y Freus de Ibiza y Formentera e Illa de l’Aire. Las AMP con decrecimiento en la biomasa son: Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago, S’Albufera des Grau y Cabrera. Por otro lado, la biomasa total en profundidad (Figura 2) muestra incrementos con los años en Sa Dragonera, Isla del Toro, Islas Malgrats y, en menor medida, en los Freus de Ibiza y Formentera, mientras que no se obtienen cambios significativos en la Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago, Cabrera y Norte de Menorca.

Bahía de Palma. Registra un incremento de 1 a 5,6 kg/250 m² en la reserva integral y de 0,9 kg/250 m² a 3,2 kg/250 m² en la reserva par-

cial en los veinte años de seguimiento. Esta reserva presenta, en general, una biomasa inferior al resto de AMP. Ello puede deberse a las características del hábitat rocoso y a la mayor extensión de fondos arenosos a poca profundidad, que suelen albergar menor cantidad y diversidad de especies.

Migjorn de Mallorca. También muestra valores inferiores de biomasa en comparación con otras AMP, posiblemente debido a una mayor actividad pesquera. Aun así, en 2019 la biomasa de la reserva integral aumenta con 2,3 kg/250 m² (pasa de 3,1 a 5,4 kg/250 m²), y la de la reserva parcial se duplica en ambas zonas: en Santanyí pasa de 1,6 a 3,9 kg/250 m² y en Lluçmajor de 1,6 a 3,2 kg/250 m².

Isla del Toro-Islas Malgrats. Isla del Toro cuadruplica el valor de la biomasa, pasando de 4 a 16,8 kg/250 m² entre los años 2005 y 2020. Islas Malgrats, aunque en menor cantidad que Isla del Toro, la triplica, y pasa de 1,9 kg/250 m² a 5,1 kg/250 m². Las diferencias en la cantidad de biomasa entre ambas reservas pueden deberse a que Isla del Toro presenta un hábitat más favorable

Figura 1. Biomasa total en superficie (5-15 m) de todas las áreas marinas protegidas con seguimiento de peces.
Bahía de Palma: Morey *et al.*,²⁴ Grane-Feliu *et al.*,²⁶
Migjorn: Coll *et al.*,⁴ Morey *et al.*,²⁷
Isla del Toro-Islands Malgrats: Morey *et al.*,^{17, 25}
Levante: Morey *et al.*,^{10, 28}
Sa Dragonera: Coll *et al.*,^{14, 21}
Norte de Menorca: Coll *et al.*,^{11, 16}
Illa de l'Aire: Marsinyach *et al.*,^{7, 22} Cefali *et al.*,^{13, 15}
S'Albufera des Grau: Marsinyach *et al.*,⁷, Cefali *et al.*,^{13, 15}
Freus de Ibiza y Formentera: Coll *et al.*,^{12, 29}
Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago: García-Charton *et al.*,³⁰
Punta de sa Creu: García-Charton *et al.*,³⁰
Cabrera: Coll,³¹ Coll *et al.*,³²



para las poblaciones ícticas (mayores pendientes y profundidades). Ello deriva en la presencia de mayor número de grandes depredadores, como el falso abade (es) = *anfós llis* (cat) = *Epinephelus costae*. Adicionalmente, la normativa pesquera es más restrictiva en Isla del Toro que en Islas Malgrats, donde la pesca se permite durante mayor número de meses y con más aparejos. En profundidad, la biomasa muestra un incremento considerable desde el año 2005 en Isla del Toro e Islas Malgrats: de ~ 7 veces y de ~ 4 veces, respectivamente.

Levante de Mallorca. En 2008 presentaba una biomasa de en torno a 1 kg/250 m² en las reservas integral y parcial de aguas interiores. En 2020 estos valores se multiplican por 6. La reserva parcial de aguas exteriores se duplica desde el 2008. Adicionalmente, se muestran dos zonas de reserva parcial por separado: (i) el Faralló d'Albarca (de ámbito balear), que aumenta su biomasa de 1,9 a 11,1 kg/250 m² entre los años 2016 y 2020 (por tanto, muestra una recuperación x 5,8 tras la prohibición de la pesca submarina en 2016); y (ii) el Faralló de Cala Gat (de ámbito estatal), que incrementa su biomasa 1,5 veces, y pasa de 16,6 a 25,2 kg/250 m², siendo este último valor el máximo de biomasa de superficie de todas las AMP.

Sa Dragonera. En tan solo cuatro años, triplica la biomasa en la zona de Cala Llebeig, pasando de 5,2 (en 2016) a 16,3 kg/250 m² (en 2020). Después del Faralló de Cala Gat (dentro de la Reserva Marina del Levante de Mallorca) e Isla del Toro, Cala Llebeig es la zona que registra una mayor biomasa superficial de todas las AMP. El resto de zonas con protección (Cala en Lledó, Na Pòpia y S'Indi) no superan los 6,5 kg/250 m² en 2020. La biomasa de profundidad (Figura 2) se multiplica por 4,4 en cuatro años en Cap de Llebeig, pasando de 5,7 a 25,3 kg/250 m². En S'Indi también se produce un aumento y casi se duplican los valores, pasando de 4,4 a 8 kg/250 m².

Norte de Menorca. Desde el año 2000, la biomasa aumenta 4,2 kg/250 m² en la reserva integral y 7 kg/250 m² en la reserva parcial. En general, la biomasa de la reserva parcial suele ser mayor que la de la reserva integral, y en 2019 es de 8,3 y de 5 kg/250 m², respectivamente. Especialmente en 2019 se ha experimentado el mayor incremento en la biomasa superficial de la reserva parcial, de + 3,5 kg/250 m², y de + 2,1 en la reserva integral. Estas diferencias pueden deberse a una diferencia de hábitats, ya que la reserva parcial presenta más rugosidad, más exposición a corrientes y más pendiente hacia aguas profundas que la reserva integral. En aguas profundas del Norte de Menorca no se detectan cambios significativos en la biomasa con los años de protección, ya que en 2021 se observan valores próximos a los iniciales de 2006, en torno a 12,5 kg/250 m² en la reserva parcial y de 4,7 kg/250 m² en la integral. Este último dato supone el mínimo valor contabilizado de biomasa en profundidad de todas las AMP (sin tener en cuenta el único valor disponible de 3,8 kg/250 m² en la Illa de l'Aire en 2020).

Illa de l'Aire. Tras un año de protección, presenta unos valores de biomasa en la zona superficial muy similares en la reserva integral, de 3,9 kg/250 m², y parcial, de 3,9/250 m². En ambas zonas se ha registrado un incremento de ~ 1kg/250 m² desde su creación en el año 2019. La zona profunda presenta una biomasa similar a la superficial (3,8 kg /250 m²) en 2020, la menor en profundidad de todas las AMP, seguida de Norte de Menorca (4,7 kg/250 m²).

S'Albufera des Grau (parque natural). Presenta la menor biomasa de todas las AMP: 1,32 kg/250 m² en el año 2019 y una reducción de 0,6 kg/250 m² desde 2011. Ello se puede atribuir a las pocas medidas de gestión destinadas a la regulación pesquera aplicadas en esta AMP.

Freus de Ibiza y Formentera. En comparación con el año 2000, en 2016 y 2018 aumentan considerablemente (hasta ocho veces) los valores de biomasa en superficie en las zonas de reserva. Con respecto a 2018, en 2020 disminuyen los valores de la reserva integral a 13,3 kg/250 m² y se mantienen con 10 kg/250 m² en la parcial. En profundidad, entre 2018-2021 también bajan los valores en ambos tipos de reserva, alcanzando 27,2 kg/250 m² en la integral y 17,1 kg/250 m² en la parcial.

Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago. En tan solo un año disminuye la biomasa de la reserva integral a casi la mitad (de 13 a 6,9 kg/250 m²), mientras que en la reserva parcial se mantiene en torno a 5 kg/250 m². En aguas profundas, la biomasa de la reserva integral aumenta levemente de 8 a 11 kg/250 m².

Punta de sa Creu. Incrementa su biomasa en la zona de reserva de 3,8 a 6,4 kg/250 m² en tan solo un año (de 2020 a 2021).

Cabrera. En 2019 muestra unos valores altos de biomasa en las zonas de uso moderado, ~ 20 kg/250 m², que disminuyen en 5 kg/250 m² en el año 2021. Esta disminución también se registra en la zona de reserva integral, que pasa de 17,6 a 13,9 kg/250 m². En profundidad no se observan cambios significativos en los dos años de estudio (2019 y 2021), siendo de en torno a 30 kg/250 m² en la reserva parcial y de en torno a 20 kg/250 m² en la reserva integral.

2. Riqueza específica (número de especies/250 m²)

En general, el indicador de riqueza específica cambia menos que el de biomasa total con los años de protección (figuras 3 y 4). Aun así, se muestran aumentos > 1 especie en las aguas superficiales de Sa Dragonera, Levante de Mallorca, Norte de Menorca y los Freus de Ibiza y Formentera; y también en las aguas profundas de Sa Dragonera, Isla del Toro y Norte de Menorca.

Figura 2. Biomasa total en profundidad (20-25 m) de todas las áreas marinas protegidas con seguimiento de peces.
 FUENTE:
 Isla del Toro-Islas Malgrats: Morey *et al.*;^{17, 25}
 Sa Dragonera: Coll *et al.*;^{14, 21}
 Norte de Menorca: Coll *et al.*;^{11, 16, 33}
 Freus de Ibiza y Formentera: Coll *et al.*;^{12, 29}
 Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago: García-Charton *et al.*;³⁰
 Cabrera: Coll,³¹ Coll *et al.*³²



Bahía de Palma. Entre los años 2000 y 2019 se registra un incremento < 1 especie/250 m² tanto en la reserva parcial como en la integral. Los valores de 2019 son de 3 especies/250 m², el mínimo en superficie de todas las AMP. La baja riqueza de especies puede deberse a que el hábitat rocoso de la bahía de Palma es de baja complejidad, donde suele haber menor diversidad de especies.

Migjorn de Mallorca. Varía entre 3 y 4,5 especies/250 m² en todas las zonas durante los 17 años de seguimiento. En 2019 los valores son < 4 especies/250 m².

Isla del Toro-Islas Malgrats. Isla del Toro, comparando los años 2005 y 2020, en superficie aumenta de 3,6 a 4,3 especies/250 m², mientras que Islas Malgrats aumenta de 4 a 4,4 especies/250 m². En profundidad, el mayor aumento, de en torno a 1 especie, se registra en Isla del Toro, que alcanza 7,8 especies/250 m², mientras que Islas Malgrats pasa de 5,3 a 5,8 especies/250 m².

Levante de Mallorca. En 2020 obtiene los mayores valores de todas las zonas de reserva (en torno a 4,3-4,8 especies/250 m²). El Faralló d'Albarca aumenta con 2,1 especies/250 m² en tan solo cuatro años (de 3,7 a 5,8 especies), mientras que el Faralló de Cala Gat lo hace con 1 especie/250 m² (de 5,8 a 6,8 especies/250 m²).

Sa Dragonera. Entre 2016-2020, en aguas superficiales, la riqueza en la zona de reserva parcial de Cala Llebeig aumenta con + 1,9 especies/250 m² (alcanzando 5,7 especies/250 m²), mientras que en Cala en Lledó se incrementa con + 1,1 especies/250 m² (4,9 especies/250 m²). En aguas exteriores, Na Pòpia y S'Indi se mantienen estables en torno a las 3,5 y 4 especies, respectivamente. En profundidad, en Cap de Llebeig se produce el mayor incremento (+ 3,7 especies/250 m²) de todas las AMP, alcanzando 8,2 especies/250 m², el máximo número de especies en aguas de profundidad.

Norte de Menorca. Tanto en aguas superficiales como en profundidad, la reserva parcial supera la riqueza específica de la reserva integral (3,5 vs. 4,3 especies/250 m²). En profundidad, la reserva integral alcanza la mínima riqueza registrada de todas las AMP (3,3 especies/250 m²).

Illa de l'Aire. Presenta fluctuaciones en todas las zonas de la reserva en torno a las 4-5 especies/250 m². En 2020, la reserva integral mostró una riqueza de 4,9 especies/250 m² y de 4,3 especies/250 m² en el estrato superficial de la reserva parcial y de 5,0 especies/250 m² en el estrato profundo.

S'Albufera des Grau. Desde 2011 hasta 2019, el parque natural disminuye en 0,8 especies/250 m², alcanzando 3,4 especies/250 m².

Freus de Ibiza y Formentera. Ha aumentado el número de especies, especialmente en la reserva in-

tegral, pasando de 2,5 a 6,2 especies/250 m². Éste último valor supone el máximo de especies registrado en aguas superficiales de todas las AMP. La reserva parcial aumenta 1,5 veces (de 3,6 a 5,2 especies/250 m²). En profundidad, los valores oscilan entre 6 y 6,9 especies/250 m² en la reserva integral, y entre 5,7 y 6,7 especies/250 m² en la reserva parcial.

Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago. En superficie disminuye la riqueza de la reserva integral de 4,7 a 3,4 especies/250 m², mientras que aumenta la de la reserva parcial de 3,9 a 4,4 especies/250 m². En profundidad también disminuye la riqueza de la reserva parcial, pasando de 5,1 a 3,8 especies/250 m².

Punta de sa Creu. No experimenta cambios significativos entre los años 2020 y 2021, manteniéndose en torno a 4 especies/250 m².

Cabrera. Disminuye su riqueza en la zona de reserva tanto en superficie como en profundidad, pasando de 6 a 5,2 especies y de 5,9 a 4,7 especies, respectivamente, por lo que es menor en profundidad. La riqueza en profundidad es inferior en la zona de reserva en comparación con la zona de uso moderado.

CONCLUSIONES

Los informes sobre el seguimiento de peces en AMP^{4, 7, 10-33} muestran que las reservas que han incrementado su biomasa de peces en > 10 kg/250 m² con los años de protección son las siguientes:

1. Isla del Toro (aguas profundas): + 41,2 kg/250 m² en 15 años.
2. Sa Dragonera (Cap Llebeig) (aguas profundas): + 19,6 kg/250 m² en 4 años.
3. Islas Malgrats (aguas profundas): + 18 kg/250 m² en 15 años.
4. Isla del Toro (aguas superficiales): + 12,8 kg/250 m² en 15 años.
5. Freus de Ibiza y Formentera (aguas profundas): + 12 kg/250 m² en 14 años.
6. Freus de Ibiza y Formentera (aguas superficiales): + 11,3 kg/250 m² en 20 años.
7. Sa Dragonera (Cala Llebeig) (aguas superficiales): + 11,1 kg/250 m² en 4 años.
8. Levante de Mallorca (Faralló de Cala Gat) (aguas superficiales): + 6,9 kg/250 m² en 2 años.

Por otro lado, estas son las AMP que han aumentado su riqueza con > 2 especies/250 m² con los años de protección:

1. Freus de Ibiza y Formentera (aguas superficiales): + 3,8 especies/250 m² en 21 años.
2. Sa Dragonera (aguas profundas): + 3,7 especies/250 m² en 4 años.
3. Levante de Mallorca (Faralló d'Albarca) (aguas superficiales): + 2,1 especies/250 m² en 4 años.

Figura 3. Riqueza específica en superficie (5-15 m) de todas las áreas marinas protegidas con seguimiento de peces.

FUENTE:
 Bahía de Palma: Morey *et al.*,²⁴
 Grane-Feliu *et al.*;²⁶
 Migjorn: Coll *et al.*,⁴ Morey *et al.*;²⁷
 Isla del Toro-Islas Malgrats: Morey *et al.*;^{17, 25}
 Levante: Morey *et al.*;^{10, 28}
 Sa Dragonera: Coll *et al.*;^{14, 21}
 Norte de Menorca: Coll *et al.*;^{11, 16}
 Illa de l'Aire: Marsinyach *et al.*,^{7, 22} Cefali *et al.*;^{13, 15}
 S'Albufera des Grau: Marsinyach *et al.*,⁷ Cefali *et al.*;^{13, 15}
 Freus de Ibiza y Formentera: Coll *et al.*;^{12, 29}
 Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago: García-Charton *et al.*;³⁰
 Punta de sa Creu: García-Charton *et al.*;³⁰
 Cabrera: Coll,³¹ Coll *et al.*³²

RIQUEZA DE ESPECIES, 5-15 m (nº de especies/250 m²)

- Reservas marinas
- Reserva integral
- Reserva parcial
- Zona de control

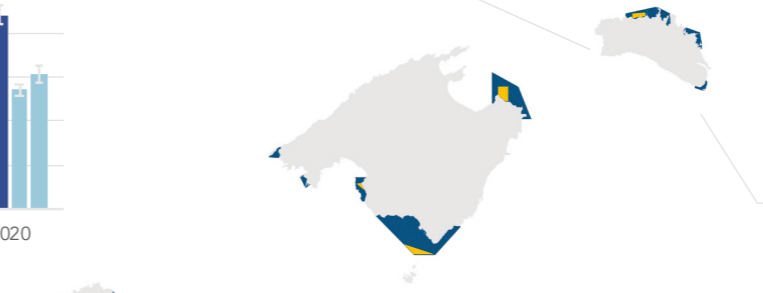
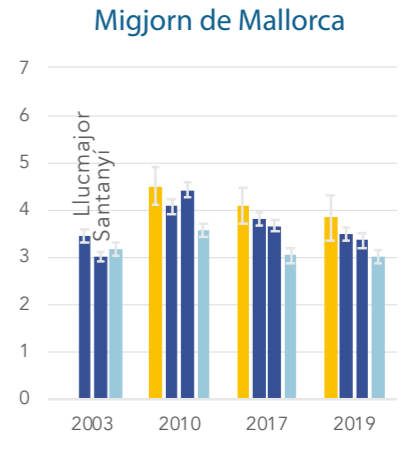
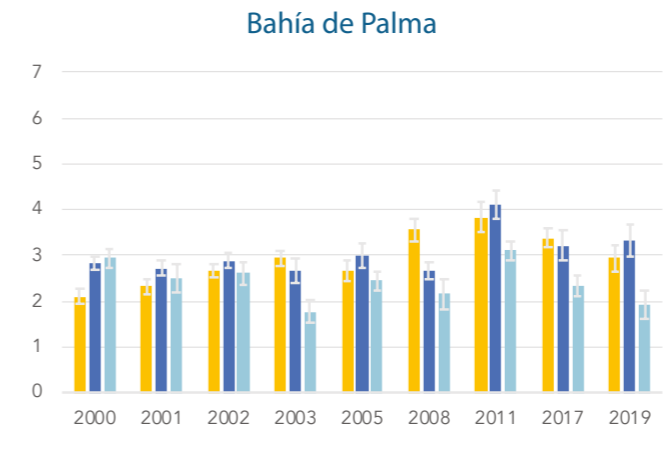
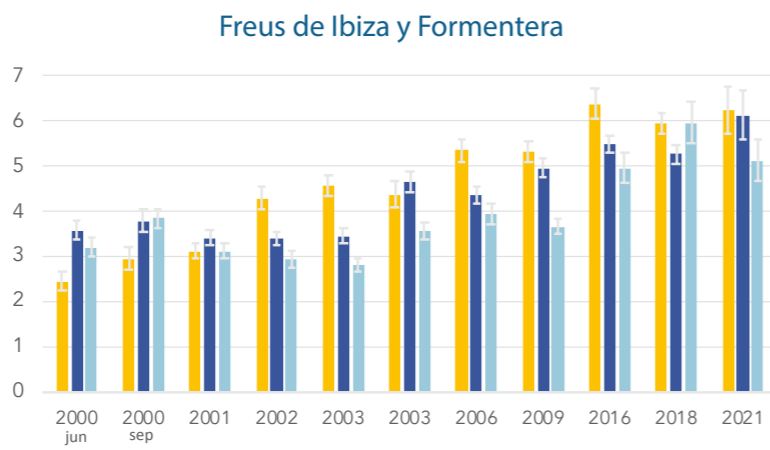
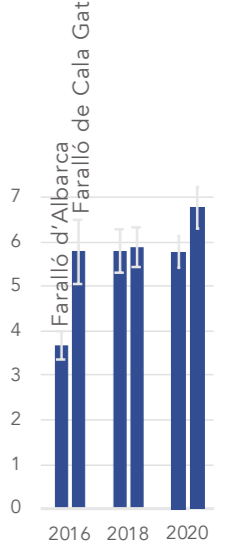
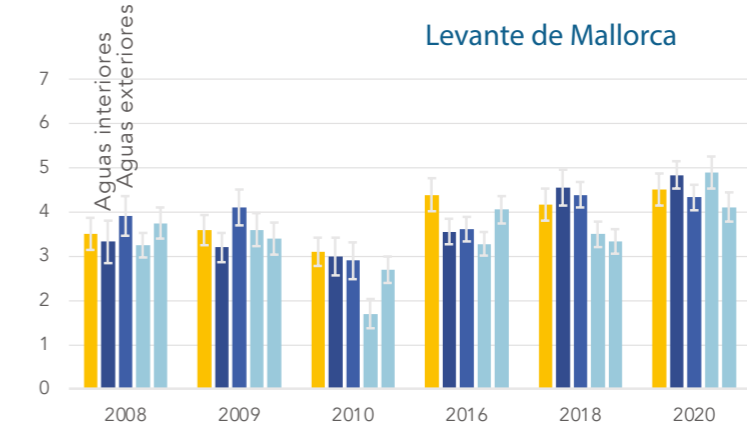
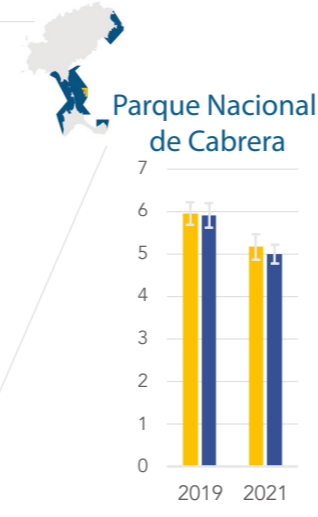
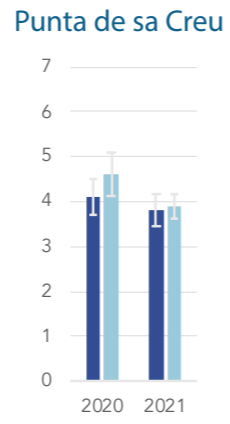
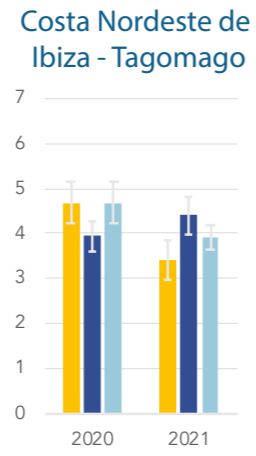
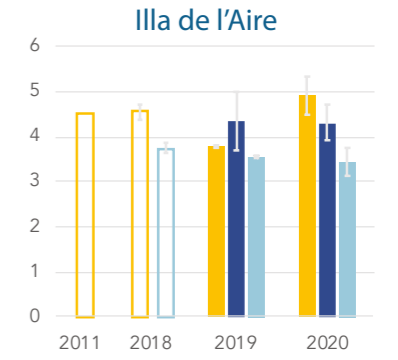
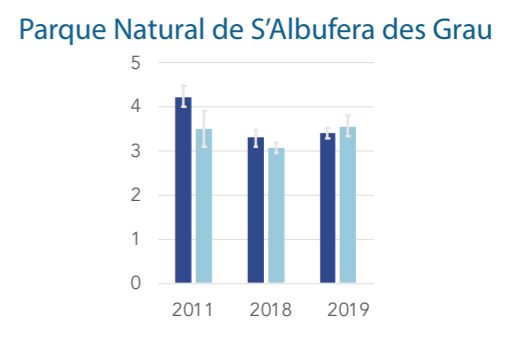
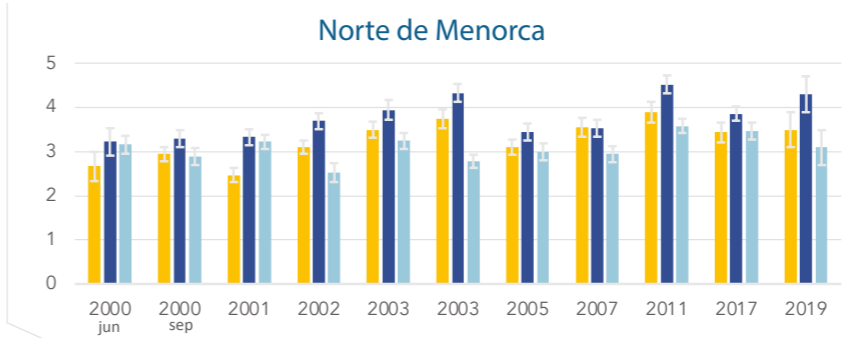
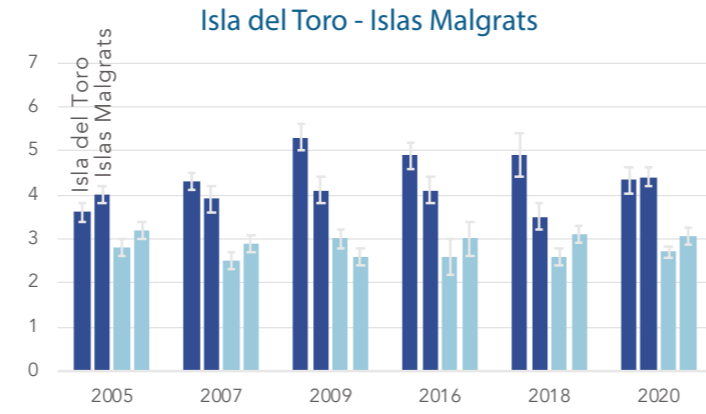
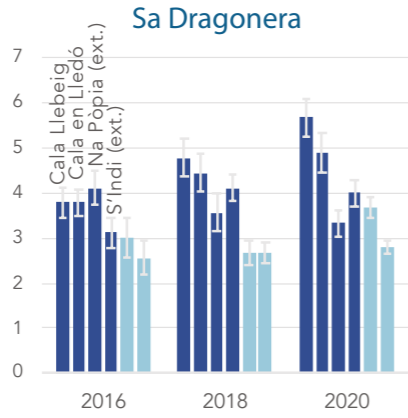


Figura 4. Riqueza específica en profundidad (20-25 m) de todas las áreas marinas protegidas con seguimiento de peces.
 FUENTE:
 Isla del Toro-Islas Malgrats: Morey *et al.*;^{17, 25}
 Sa Dragonera: Coll *et al.*;^{14, 21}
 Norte de Menorca: Coll *et al.*;^{11, 16, 33}
 Freus de Ibiza y Formentera: Coll *et al.*;^{12, 29}
 Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago: García-Charton *et al.*;³⁰
 Cabrera: Coll,³¹ Coll *et al.*³²



En aguas superficiales (5-15 m):

- La máxima biomasa se obtiene en el Faralló de Cala Gat, con 25,2 kg/250 m², mientras que la mínima se registra en el Parque Natural de S'Albufera des Grau, con 1,3 kg/250 m². Este mínimo podría derivarse de las características del fondo marino, de una posible mayor presión pesquera y de que esta AMP es un parque natural que cuenta con regulaciones pesqueras menos estrictas que las reservas marinas. El mínimo de biomasa de una reserva marina es de 3,2 kg/250 m² y se registra en Bahía de Palma (reserva parcial) y Migjorn de Mallorca (reserva parcial, zona Lluçmajor).

- La máxima riqueza específica es la del Faralló de Cala Gat (con 6,8 especies/250 m²), seguida de los Freus de Ibiza y Formentera (con 6,2 especies/250 m²). La mínima riqueza se alcanza en Bahía de Palma (con 3,3 especies/250 m²).

En aguas profundas (20-25 m):

- La máxima biomasa se registra en las aguas profundas de Isla del Toro, con 48 kg/250 m², mientras que la mínima se alcanza en Illa de l'Aire (único dato disponible de 3,8 kg/250 m² en 2020) y Norte de Menorca, con 4,7 kg/250 m² en la zona de reserva integral (con valores inferiores a la reserva parcial tanto en aguas profundas como superficiales).

- La máxima riqueza se obtiene en Sa Dragonera, con 8,2 especies/250 m², produciéndose aquí también el mayor incremento de especies (+ 3,7) de todas las AMP. Por otro lado, la mínima riqueza se detecta en Costa Nordeste de Ibiza-Tagomago, con 3,8 especies/250 m².

Por tanto, existen diferencias significativas entre los cambios de riqueza y de biomasa en el tiempo en las AMP estudiadas. Para las zonas con mayor seguimiento temporal—por tanto, con mayor base de datos— se podrían extraer conclusiones sobre el efecto reserva. Sin embargo, la falta de información sobre la intensidad pesquera y las artes de pesca que se practican impiden obtener conclusiones más robustas. Además, es preciso considerar los condicionantes naturales intrínsecos de cada zona de estudio donde se realiza el seguimiento de peces, ya que la capacidad de carga de las diferentes zonas no es la misma y no se podrán obtener los mismos resultados bajo un mismo nivel de protección.¹⁹ No se conoce el potencial real de riqueza o biomasa del mar Balear para poder determinar los valores de referencia, ya que es preciso conocer los distintos factores ambientales para corregirlos y comparar entre zonas.³⁴ El conjunto de toda esta información permitiría implementar la gestión y la planificación de las AMP de las Baleares para obtener mejores resultados.

REFERENCIAS

- ¹ BORRÀS, R. *et al.* (2009). «Monitoreig de la biodiversitat marina, de l'ús i de la freqüentació antròpica a les aigües interiors de l'illa de l'Aire». Institut Menorquí d'Estudis. [Informe técnico].
- ² GARCIA-RUBIES, A. (1997). *Estudi ecològic de les poblacions de peixos litorals sobre substrat rocós a la Mediterrània Occidental: efecte de la fondària, el substrat, l'estacionalitat i la protecció*. Barcelona: Universitat de Barcelona. [Tesis doctoral].
- ³ NICHOLSON, M. D.; JENNINGS, S. (2004). «Testing candidate indicators to support ecosystem-based management: the power of monitoring surveys to detect temporal trends in fish community metrics». *ICES Journal of Marine Science*, 61, 35-42. DOI:10.1016/j.icesjms.2003.09.004.
- ⁴ COLL, J.; MOREY, G.; NAVARRO, O. (2017). «Avaluació dels efectes de la protecció a la Reserva Marina del Migjorn de Mallorca sobre els peixos costaners de roca i sobre la captura associada a la pesquera de sípia (*Sepia officinalis*, Linnaeus, 1758)». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe técnico].
- ⁵ COLL, J. *et al.* (2011). «The carrying capacity and the effects of protection level in three marine protected areas in the Balearic Islands (NW Mediterranean)». *Scientia Marina*, 76. DOI: 10.3989/scimar.03531.02H.
- ⁶ HARMELIN-VIVIEN, M. L. *et al.* (1985). «Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: méthodes et problèmes». *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)*, 40, 467-539.
- ⁷ MARSINYACH, E. *et al.* (2018). «Evaluación de las poblaciones de peces vulnerables a la pesca sobre fondo rocoso en aguas costeras de Menorca». Observatori Socioambiental de Menorca; Centro Oceanográfico de Baleares (IEO); Menorca Preservation Fundation; Consell Insular de Menorca; Govern de les Illes Balears. [Informe técnico].
- ⁸ MOREY, G. *et al.* (2003). «Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the Western Mediterranean». *Fisheries Research*, 62, 89-96.

- ⁹ FishBase: A Global Information System on Fishes. [en línea]. <www.fishbase.org>.
- ¹⁰ MOREY, G. *et al.* (2018). «La reserva marina del Llevant de Mallorca: Seguiment de les poblacions de peixos vulnerables de substrat rocós en el període 2008-2018». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ¹¹ COLL, J. *et al.* (2017). «La Reserva Marina del Nord de Menorca: Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2017». Govern de les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Serveis de Millora Agrària i Pesquera; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ¹² COLL, J. *et al.* (2018). «La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera: Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2018». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ¹³ CEFALÌ, M. E. *et al.* (2019). «Evaluación de las poblaciones de peces vulnerables a la pesca sobre fondo rocoso en aguas costeras de Menorca». Centro Oceanográfico de Baleares (IEO); Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM); Menorca Preservation Fund; Consell Insular de Menorca; Govern de les Illes Balears.
- ¹⁴ COLL, J. *et al.* (2020). «La Reserva Marina del Freu de Sa Dragonera. Seguimiento de los peces de fondos rocosos vulnerables a la pesca». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec.
- ¹⁵ CEFALÌ, M. E. *et al.* (2020). «Evaluación de las poblaciones de peces vulnerables a la pesca sobre fondo rocoso en aguas costeras de Menorca». Centro Oceanográfico de Baleares del Instituto Español de Oceanografía (IEO); Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM); Menorca Preservation Fund; Consell Insular de Menorca; Govern de les Illes Balears.
- ¹⁶ COLL, J.; MOREY, G.; NAVARRO, O. (2019). «Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2019». Govern de les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Serveis de Millora Agrària i Pesquera; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ¹⁷ MOREY, G. *et al.* (2020). «Les reserves marines de l'illa del Toro i les illes Malgrats. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ¹⁸ COLL, J. *et al.* (2012). «The carrying capacity and the effects of protection level in three marine protected areas in the Balearic Islands (NW Mediterranean)». *Scientia Marina*, 76, 809-826.
- ¹⁹ COLL, J. *et al.* (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, 578-590.
- ²⁰ COLL, J.; MOREY, G.; NAVARRO, O. (2011). «Avaluació dels recursos íctics litorals de la Reserva Marina del Nord de Menorca. Resultats del període 2000-2011». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Medi Rural i Marí; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ²¹ COLL, J. *et al.* (2018). «La Reserva Marina del Freu de Sa Dragonera. Seguimiento de los peces de fondos rocosos vulnerables a la pesca». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ²² MARSINYACH, E.; QUINTANA, R. (2011). «Seguiment biològic de l'Illa de l'Aire, 2011: Censos d'espècies vulnerables a la pesca». Consell Insular de Menorca. Institut Menorquí d'Estudis. Observatori Socioambiental de Menorca. Agència Reserva de Biosfera. [Informe tècnic].
- ²³ QUINTANA, R.; MARSINYACH, E.; PONS, C. (2010). «Campanya de seguiment del medi marí de Menorca: seguiment biològic dels herbassars de *Posidonia oceanica*; Avaluació i seguiment de les espècies vulnerables a la pesca en fons de roca». [en línea]. Consell Insular de Menorca. Institut Menorquí d'Estudis. Observatori Socioambiental de Menorca. [Informe tècnic]. <<http://www.obsam.cat/documents/index.php>>.
- ²⁴ MOREY, G.; COLL, J.; NAVARRO, O. (2017). «La Reserva Marina de la Badia de Palma: Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe tècnic].
- ²⁵ MOREY, G. *et al.* (2018). «Les reserves marines de l'Illa del Toro i les illes Malgrats: Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe tècnic].

- ²⁶ GRANE-FELIU, X.; COLL, J.; NAVARRO, O. (2019). «La Reserva Marina de la Badia de Palma. Seguiment de les espècies íctiques vulnerables sobre substrat rocós. Novembre de 2019». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsasec. [Informe técnico].
- ²⁷ MOREY, G.; COLL, J.; VERGER, F.; NAVARRO, O. (2019). «La Reserva Marina del Migjorn de Mallorca. Seguiment de les espècies de peixos vulnerables sobre substrat rocós. Informe dels resultats en el període 2003-2019». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe técnico].
- ²⁸ MOREY, G.; COLL, J.; NAVARRO, O.; POZO, M. (2020). «La reserva marina del Llevant de Mallorca. Seguimiento de las especies ícticas vulnerables sobre substrato rocoso. Noviembre de 2020». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe técnico].
- ²⁹ COLL, J.; MOREY, G.; NAVARRO, O. (2020). «La Reserva Marina dels Freus d'Eivissa i Formentera. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2020». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe técnico].
- ³⁰ GARCÍA-CHARTON, J. A. *et al.* (2021). «Censos de peces vulnerables en las reservas marinas de la costa noreste de Ibiza-Tagomago (Ibiza) y de la Punta de Sa Creu (Formentera)». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe técnico].
- ³¹ COLL, J. (2020). «Seguiment de les comunitats marines d'Espais Naturals Protegits de les Illes Balears. Cens de poblacions de peixos (P. N. Cabrera). Govern de les Illes Balears. Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat; Tragsatec. [Informe técnico].
- ³² COLL, J. *et al.* (2021). «Seguiment de les comunitats marines d'Espais Naturals Protegits de les Illes Balears. Cens de poblacions de peixos (P. N. Cabrera). Resum previ sobre les activitats desenvolupades i resultats preliminars». Tragsatec. [Informe técnico].
- ³³ COLL, J. *et al.* (2021). «La Reserva Marina del Nord de Menorca. Seguiment de les poblacions de peixos de substrat rocós en el període 2000-2021». Govern de les Illes Balears. Direcció General de Pesca i Medi Marí; Tragsatec. [Informe técnico].
- ³⁴ GARCÍA-CHARTON, J. A. *et al.* (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.

CITAR COMO

BARRIENTOS, N.; VAQUER-SUNYER, R. (2022) «Seguimiento de peces en AMP». En: Vaquer-Sunyer, R.; Barrientos, N. (ed.). *Informe Mar Balear 2022* <<https://informemarbalear.org/es/amp/imb-amp-riquesa-biomassa-esp.pdf>>.