

Proyectos de investigación en parques nacionales: 2010-2013

ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL BIVALVO AMENAZADO *Pinna nobilis* EN EL PARQUE NACIONAL DE CABRERA

MAITE VÁZQUEZ-LUIS¹, ELVIRA ÁLVAREZ² Y SALUD DEUDERO¹

RESUMEN

La nacra, *Pinna nobilis* (LINNAEUS, 1758) es una especie endémica del Mar Mediterráneo y protegida con la categoría de «vulnerable» en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (RD 139/2011 de 4 de febrero, BOE nº 46). En el presente proyecto se han evaluado las poblaciones de *Pinna nobilis* presentes en el Parque Nacional de Cabrera ampliándose aspectos de conocimiento de su biología y ecología, en el presente trabajo se reflejan algunos de los objetivos evaluados a lo largo del proyecto. Las densidades cuantificadas en Cabrera alcanzan hasta los 37,33 ind/100 m², siendo muy superiores a otras zonas del resto de las Islas Baleares, indicando la importancia del mantenimiento de las poblaciones de Cabrera, actuando posiblemente como reservorio de pool larvario y genético para poblaciones en regresión. Los datos en Cabrera apuntan a densidades máximas en zonas de praderas, destacando individuos de gran talla en profundidad, y mayores tasas de reclutamiento en cotas someras. El análisis de la estructura de tallas indica una población madura y estructurada. Con respecto al grado de epifitismo por macroalgas invasoras (*Lophocladia lallemandii* y *Caulerpa racemosa*), se ha detectado una elevada incidencia por *L. lallemandii* (colonizando el 49,37% de las valvas de los individuos prospectados), siendo esta colonización mayor a 20 m de profundidad que a 10 m. El seguimiento demográfico se ha realizado en base a la instalación y visitas periódicas de parcelas permanentes (marcaje de individuos). Los resultados preliminares del seguimiento demográfico indican mayores tasas de supervivencia en las parcelas situadas en Cabrera con respecto a la zona control (lugar no protegido). Las tasas de mortalidad y reclutamiento en el Parque son similares independientemente de la profundidad, siendo el crecimiento neto de la población positivo en todas las estaciones del Parque (10 m, 20 m y 30 m de profundidad). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las poblaciones de *P. nobilis* presentan un excelente estado de conservación en el parque Nacional de Cabrera, tras más de 20 años de protección efectiva y de exclusión de impactos antrópicos.

Palabras clave: *Pinna nobilis*, Parque Nacional de Cabrera, densidades, distribución, algas invasoras, demografía, conservación

¹ Instituto Español de Oceanografía (IEO). Centro Oceanográfico de Baleares. Muelle de Poniente s/n, 07015 Palma de Mallorca, Spain. E-mail: maite.vazquez@ba.ieo.es, salud.deudero@ba.ieo.es

² Govern de les Illes Balears. Direcció General de Medi Rural i Marí. C/ Foners, 10. 07006 Palma de Mallorca, Spain. E-mail: e.alvarez@asociaciontursiops.org

SUMMARY

The fan mussel, *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) is an endemic species of the Mediterranean Sea and is protected under the category of «vulnerable». In this project we have evaluated *Pinna nobilis* populations existing in the Cabrera National Park expanding knowledge on aspects of their biology and ecology. In this paper some of the objectives assessed throughout the project are reflected. Densities quantified in Cabrera reached up to 37.33 m² ind / 100m², being much higher than in any other area around the Balearic Islands, indicating the importance of maintaining populations in Cabrera MPA, possibly acting as a reservoir of genetic pool for larval and populations which are in decline. Analyzed data in Cabrera suggests maximum densities in seagrass areas, highlighting individuals of great size in depth, and higher rates of recruitment in shallow depths. The analysis of size structure indicates a mature and structured population. With respect to the degree of cover index by invasive macroalgae (*Caulerpa racemosa* and *Lophocladia lallemandii*), a high incidence of *L. lallemandii* (colonizing 49.37% of the valves of the prospected individuals) was detected, showing a greater colonization at 20 m depth than at 10 m. Permanent plots have been deployed and visited on a regular bases to monitor population parameters (demography), prior tagging individuals. Preliminary results on population parameters indicate a higher survival rate in plots located in Cabrera with respect to control site (not protected area). Mortality and recruitment in the Park are similar regardless of the depth, and there is a positive global population growth in all sites of the Park (10 m, 20 m and 30 m deep). Results obtained show that populations of *P. nobilis* are in an excellent state of conservation in the National Park of Cabrera, after more than 20 years of effective protection and exclusion of anthropogenic activities.

Keywords: *Pinna nobilis*, Cabrera National Park, densities, distribution, invasive seaweeds, demography, conservation

INTRODUCCIÓN

El bivalvo *Pinna nobilis* (LINNAEUS, 1758) es una especie endémica del Mar Mediterráneo. Es una especie longeva que puede superar los 28 años de edad (GARCÍA-MARCH *et al.*, 2007) y que se distribuye desde aguas someras a los 60 m de profundidad (GARCÍA-MARCH, 2003; TEMPLADO *et al.*, 2004). Es el molusco de mayor tamaño del Mediterráneo y uno de los más grandes del mundo, pudiendo alcanzar una longitud máxima de valva de 120 cm (ZAVODNIK *et al.*, 1991). Vive semienterrado en fondos de arena, detritus y praderas de fanerógamas marinas (KATSANEVAKIS, 2007). Su hábitat preferencial son las praderas de *Posidonia oceanica*, de relevante importancia en la sostenibilidad de la biodiversidad mediterránea.

En las últimas décadas, las poblaciones de este molusco se han visto gravemente reducidas fruto de su extracción ilegal con fines decorativos y co-

merciales, deterioro generalizado de las zonas costeras, mortalidad indirecta provocado por fondeos (RICHARDSON *et al.*, 1999; KATSANEVAKIS, 2007; RABAOUI *et al.*, 2007) y/o la regresión que sufre su principal ecosistema, las praderas de *P. oceanica* (MARBA *et al.*, 1996). Por ello, según la Directiva Europea 92/43/EEC sobre la conservación de los hábitats naturales y la fauna y flora salvaje, la nacra ostenta una estricta protección (CENTODUCATI *et al.*, 2007). Ha sido incluida en el Anexo IV de la Directiva de Hábitats, el Anexo II del Convenio de Barcelona y el Anexo II del Catálogo Español de Especies Amenazadas (KATSANEVAKIS, 2007; RABAOUI *et al.*, 2007).

El Archipiélago de Cabrera fue declarado Parque Nacional en 1991 (Ley 14/1991). El PN del Archipiélago de Cabrera comprende 10.021 hectáreas, de las cuales 8.703 son marítimas y 1.318 terrestres. Desde 1991, el Parque Nacional Marítimo Terrestre cobija toda la riqueza natural de

este conjunto de islas e islotes calcáreos: importantes colonias de aves marinas, especies endémicas y fondos marinos en gran estado de conservación. Presenta una altitud máxima de 172 m y una profundidad máxima del fondo marino de 118 m. El Parque Nacional está incluido dentro de la Red de Zonas de Especial Protección para las Aves (Z.E.P.A.S), producto de la aplicación en España de la Directiva Aves. De la misma forma es Lugar de Interés Comunitario (LIC) y está incluido en la Red Natura 2000. Está integrado en la red Z.E.P.I.M (Zonas de Especial Protección de Importancia para el Mediterráneo) del Protocolo de áreas marinas protegidas del Convenio de Barcelona desde el año 2003.

La nacra es además una de las especies objetivo de conservación en áreas marinas protegidas como el Parque Nacional de Cabrera, en donde las poblaciones son especialmente abundantes. El presente estudio centrado en la biología de la nacra, ha de contar con información de áreas donde las poblaciones de esta especie estén lo menos perturbadas posibles, como es el caso del Parque Nacional de Cabrera, especialmente en sus zonas de reserva integral. Este tipo de datos son imprescindibles y de gran valor para poder evaluar el estatus de conservación de poblaciones de nacra en áreas marinas sin ningún tipo de protección. A partir de los datos obtenidos en el presente proyecto se podrá ver las densidades y los parámetros demográficos que puede alcanzar esta especie dentro del Parque de Cabrera donde el impacto humano es muy reducido y está totalmente regulado. A pesar de que el impacto humano está minimizado dentro del Parque de Cabrera, la presencia de macroalgas invasoras puede estar impactando negativamente las poblaciones de nacra tal y como parecen indicar estudios previos (BOX *et al.*, 2009). Por ello, dentro de la presente propuesta se evalúa la incidencia en las valvas de nacra por macroalgas invasoras. No es posible detallar todos los resultados obtenidos del presente proyecto en esta publicación, por lo que se han seleccionado aquellos objetivos que mejor reflejan el conjunto del estado de conservación de las poblaciones de *Pinna nobilis* en el PN de Cabrera.

MATERIAL Y MÉTODOS

Objetivo 1: Cuantificación de la densidad de individuos de *P. nobilis* en el PN de Cabrera

Toma de datos

Durante el transcurso del proyecto (2011, 2012 y 2013) se han realizado 3 campañas específicas de cuantificación de individuos mediante censos visuales con buceo autónomo. Para optimizar la cuantificación de la densidad de organismos, se han realizado distintos tipos de censos en función de las tipologías de hábitats (praderas, hábitats mixtos, fondos arenosos, cuevas; Figura 1a). En los hábitats de praderas de fanerógamas y en las cotas de 10 y 20 m de profundidad se realizaron transectos lineales. Cada buceador recorría un lado de una cinta buscando individuos de nacra en un transecto de 30 m de longitud por 2,5 m de anchura (área abarcada por transecto y por pareja de buceadores = 75 m², resultados expresados en individuos/100 m²). Para evaluar la talla, se medía la anchura máxima de la concha de cada ejemplar de *P. nobilis* con un dispositivo, y se determinaba la distancia relativa de las posibles agrupaciones de *P. nobilis* mediante la anotación del metro de cinta. En ausencia de pradera de *Posidonia oceanica* (fondos detríticos, roca, arena,...) a 10 y 20 m y a cotas batimétricas mayores (30, 40 y 50 m) los transectos se realizaban con longitudes y anchuras variables en función de la disponibilidad de hábitat y de la probabilidad de detección de individuos. En las zonas más profundas los transectos se realizaron mediante propulsión por torpedo submarino para barrer la mayor área posible. Los valores de densidad se expresan en individuos por 100 m². Cuando se detectaba un ejemplar de *P. nobilis* se procedía a medir la anchura máxima del mismo.

Para los censos en cuevas marinas sumergidas o semisumergidas (cuevas), debido a la heterogeneidad de las mismas, se abarcó un área de muestreo diferente para cada una de las cavidades prospectadas. En algunos casos se muestreó la totalidad de la superficie de la cavidad, mientras que en otros casos (cavidades muy grandes y/o ausencia de individuos) la superficie muestreada

se estableció para la obtención de un muestreo representativo. Dado que las superficies muestreadas eran conocidas, los valores de densidad se expresan en individuos por 100 m², y al igual que en los casos anteriores se tomaban medidas de anchura máxima de la valva. Se llevaron a cabo un total de 408 transectos lineales, y se prospectaron un total de 10 cavidades sumergidas (concretamente: 3 cuevas semisumergidas, 5 cuevas sumergidas, 1 arco y 1 sifón); barriendo una superficie total de 152.146,35 m².

Análisis de datos

Con todos los datos obtenidos en las diferentes campañas se generó una base de datos georeferenciada integrando la información recopilada en

todos los transectos. Se obtuvieron datos de densidad de individuos de la especie en el Parque (ind/100 m²) y de estructura de tallas.

Objetivo 2: Determinación del grado de epifitismo por algas invasoras

Censos visuales

Con el fin de determinar el grado de afección de las poblaciones de *Pinna nobilis* por las algas invasoras *Lophocladia lallemandii* y *Caulerpa racemosa* se llevó a cabo la cuantificación del grado de epifitismo por ambas especies durante la realización de los censos de la campaña de julio de 2011 (Figura 1b; para más detalles ver VÁZQUEZ-LUIS *et al.*, 2014a). Se cuantificó el nivel

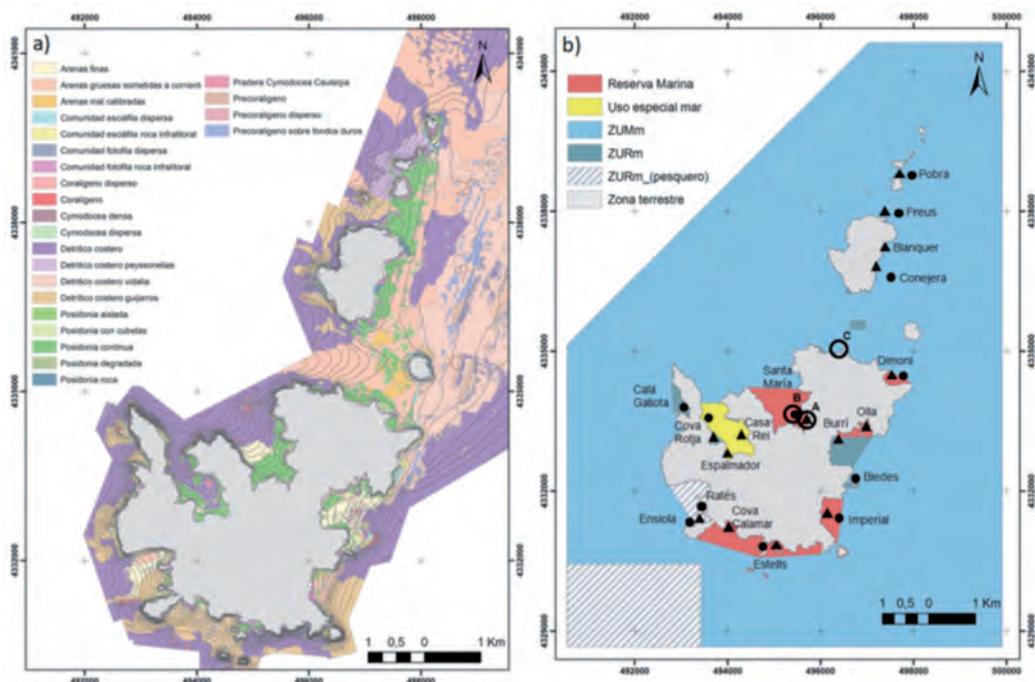


Figura 1. Área de estudio situada en el PN de Cabrera: a) tipologías de hábitats y b) localidades donde se llevó a cabo el muestreo para evaluar el epifitismo por macroalgas invasoras. Triángulos: 10 m de profundidad, círculos: 20 m, Círculos huecos: situación de las parcelas permanentes para seguimiento demográfico (A: 10 m, B: 20 m y C: 30 m).

Figure 1. Study area located in the PN of Cabrera: a) Habitat types b) locations where sampling was conducted to evaluate the coverage by invasive macroalgae. Triangles: 10 m depth, circles: 20 m, circles holes: permanent plots for demographic monitoring of population (A: 10 m, B: 20 m and C 30 m).

de epifitismo en un total de 122 transectos lineales a 10 metros de profundidad y 81 transectos a 20 m. Se diseñó un índice de cobertura (cover index; CI) para medir la cobertura de las especies invasoras, a cada especie se le dio un valor comprendido entre las siguientes categorías: CI0 (0%), CI1 ($\leq 25\%$), CI2 (25-50%), CI3 (50-75%) y CI4 ($>75\%$).

Cuantificación de la biomasa algal

Para cuantificar la biomasa aportada por el alga invasora *Lophocladia lallemandii*, varias muestras fueron recolectadas. De los diferentes niveles de epifitismo establecidos visualmente (CI0 a CI4), se tomaron muestras en las valvas de *Pinna nobilis* de cada nivel de epifitismo a dos cotas batimétricas (10 y 20 metros). Estos individuos se muestrearon al azar raspando de la superficie de las valvas todos los epifitos. Se muestrearon 36 individuos a 10 m de profundidad y 48 a 20 m de profundidad. En el laboratorio las diferentes macroalgas fueron separadas e identificadas, a continuación se calculaba el volumen ocupado por las mismas (como ml de agua desplazada) y posteriormente fueron introducidas en una estufa a 60° C durante 48 horas para obtener valores de biomasa en peso seco (g ps). Dichas medidas, tanto biomasa como volumen, fueron expresadas con respecto a unidades de superficie, para ello se calculó la superficie colonizable en función de la anchura de las valvas.

Se entiende por superficie colonizable como la parte de la concha no enterrada en el sedimento y que se expone a ser colonizada. Para el cálculo de su área se partió de imágenes de conchas de 35 individuos muertos y recogidas durante el trabajo de campo. Con el software ImageJ se calculó el área (ABRAMOFF *et al.*, 2004). Posteriormente se realizó una correlación entre la anchura máxima de la concha de *P. nobilis* y la superficie colonizable. El cálculo de la superficie colonizable se llevó a cabo con el fin de estandarizar los resultados de la biomasa y el volumen. Por lo tanto, los valores de volumen y biomasa de las algas invasoras se expresaron en ml \times cm⁻² para el volumen, y g ps \times cm⁻² para la biomasa.

Análisis de datos

Para evaluar diferencias en el índice de cobertura por algas invasoras sobre los individuos de *P. nobilis* a dos cotas batimétricas, se llevó a cabo un diseño experimental de dos factores, los factores fueron: «Profundidad» fijo y con 2 niveles (10 y 20 metros) y «Sitio» aleatorio (con 15 niveles en 10 m y 12 niveles en 20 m). Los datos de volumen y biomasa sobre las conchas de *P. nobilis* se analizaron mediante un modelo de 2 factores: «Profundidad» fijo con 2 niveles (10 y 20 metros) y «*L. lallemandii*» fijo con 5 niveles (CI0, CI1, CI2, CI3 y CI4). Para testar si existían diferencias significativas en la colonización de *L. lallemandii* por sitios y profundidades, y en biomasa y volumen; se llevó a cabo un análisis multivariante de permutación de la varianza (PERMANOVA), basado en las diferencias de Bray-Curtis de datos no transformados (ANDERSON, 2001; McARDLE & ANDERSON, 2001). Después de la prueba de permutación, se aplicó un *pair-wise test* para detectar diferencias entre los grupos. Dichos análisis se realizaron con el software PRIMER-E (software PRIMER; CLARKE & GORLEY, 2006) con el paquete PERMANOVA+ (ANDERSON *et al.*, 2008).

Objetivo 3: Demografía de poblaciones

Toma de datos

Para el estudio demográfico de *P. nobilis* durante el año 2011 se instalaron 10 parcelas permanentes cuadradas de 10 m \times 10 m de lado, que abarcan en total una superficie de 1.000 m² (situación de las estaciones dentro del Parque, Figura 1b). Dichas parcelas se han instalado en el Parque a tres cotas de profundidad, y también en una zona control no protegida en Mallorca (San Telmo), a 10 m de profundidad. En el Parque se han ubicado un total de 8 parcelas; en la zona de Santa María, en la cota de 10 m de profundidad se establecieron 4 parcelas, con 2 niveles de densidad de *P. nobilis*: alta (2 parcelas) y baja (2 parcelas); y otras dos parcelas a 20 m. En la cota de 30 m se instalaron otras 2 parcelas en una zona cercana (Morobutí). En la zona control (San Telmo) se han instalado dos parcelas similares en la cota de 10

m. Para facilitar el muestreo, cada una de las parcelas se subdividió en 16 cuadros más pequeños, de 2,5m de lado (ver esquema de parcela en Figura 2a). En cada una de las parcelas permanentes instaladas, todos los individuos de *P. nobilis* encontrados han sido marcados, medidos y cartografiados, para el posterior seguimiento de la población. Para marcar a los ejemplares, se utilizaron tres tipos de marcas, todas ellas no invasivas y con una perdurabilidad suficiente. Se marcaba la concha con masilla de dos componentes o con una brida de plástico en la base de la nacra, en el caso de los adultos, y mediante una piqueta situada cerca del animal, para los ejemplares más pequeños y reclutas (Figuras 2b y 2c). El seguimiento es de carácter anual, preferentemente en noviembre, coincidiendo con la menor longitud de las hojas de *Posidonia oceanica* que permite la detección de reclutas y juveniles de *P. nobilis*. En el seguimiento anual se revisa la supervivencia o mortalidad de los individuos mar-

cados inicialmente, y se buscan ejemplares jóvenes no marcados, reclutas, que son marcados y cartografiados para su seguimiento posterior. Además de su estado, se toman medidas de la anchura máxima de la valva con el fin de valorar la estructura de tallas de cada población anualmente. Se disponen de datos de seguimiento de los tres años de duración del proyecto, 2011, 2012 y 2013.

Análisis de datos

El seguimiento anual de los individuos marcados ha permitido la obtención de tasas demográficas anuales de la población de *P. nobilis* para cada cota batimétrica y localidad. Para calcular las tasas demográficas anuales, mortalidad, reclutamiento y crecimiento neto, se han aplicado las fórmulas propuestas para esta especie (GARCIA-MARCH & NARDO, 2006).

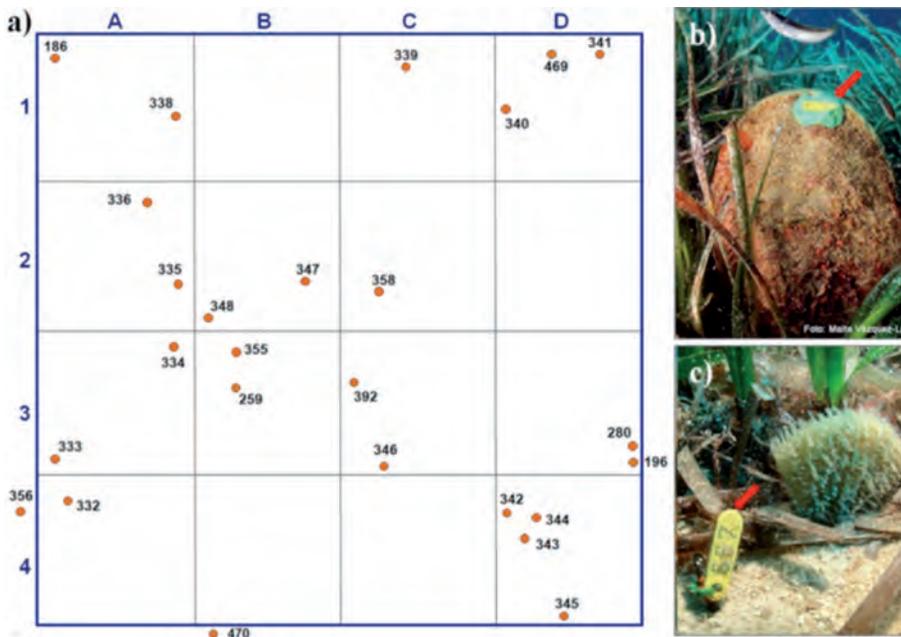


Figura 2. Parcelas demográficas: a) esquema de la situación de los ejemplares de *Pinna nobilis* marcados en una de las parcelas permanentes (100 m²) situadas en Cabrera, b) individuo adulto de *P. nobilis* marcado en la valva con masilla, y c) individuo juvenil marcado con una piqueta.

Figure 2. Demographic plots: a) scheme of the situation of individuals of *Pinna nobilis*, marked at one of the permanent plots (100 m²) located in Cabrera, b) adult of *P. nobilis* marked on the valve with putty, and c) juvenile labeled with a pickaxe.

RESULTADOS

Densidad de individuos y distribución de tallas de nacra en el PN de Cabrera

En el Parque Nacional de Cabrera, se detectaron individuos de nacra desde los 2 m hasta los 46 m de profundidad. En total se han contabilizado 1873 individuos de nacra, de los cuales el 15,22% corresponde a individuos muertos. La especie aparece distribuida en todo el perímetro del parque (Figura 3a), con densidades variables desde áreas sin presencia de ejemplares, hasta densidades máximas de 37,33 individuos/100 m² (Santa María), que suponen densidades muy elevadas (Figura 3b).

La densidad media global de ejemplares de *P.nobilis* en Cabrera es de 3,76±0,25 ind/100 m², sin embargo estas densidades variaron entre há-

bitats (Figura 4). La mayoría de individuos fueron detectados en las praderas de *P. oceanica*, confirmando la preferencia de esta especie por este hábitat. La densidad media en praderas de *P. oceanica* fue de 5,13±0,32 ind/100 m², con valores máximos de 37,33 ind/100 m² a 8 m de profundidad en Santa María, lo que supone el lugar de mayor densidad de toda el área protegida. Las densidades de *P. nobilis* en el resto de hábitats fueron menores: en detrítico la media fue de 0,69±0,2 ind/100 m² (mín.-máx: 0-4,44); en fondos rocosos la media fue de 0,43±0,11 ind/100 m² (0-4,17); en fondos de arena la media fue de 0,22±0,07 ind/100 m² (0-1,38); y en los hábitats de cuevas la media fue de 0,51±0,17 ind/100 m² (0-1,49).

En cuanto a la densidad de individuos de *P. nobilis* por profundidades estudiadas, se observa que las mayores densidades se encuentran a cotas batimétricas de 10 y 20 m, disminuyendo el número

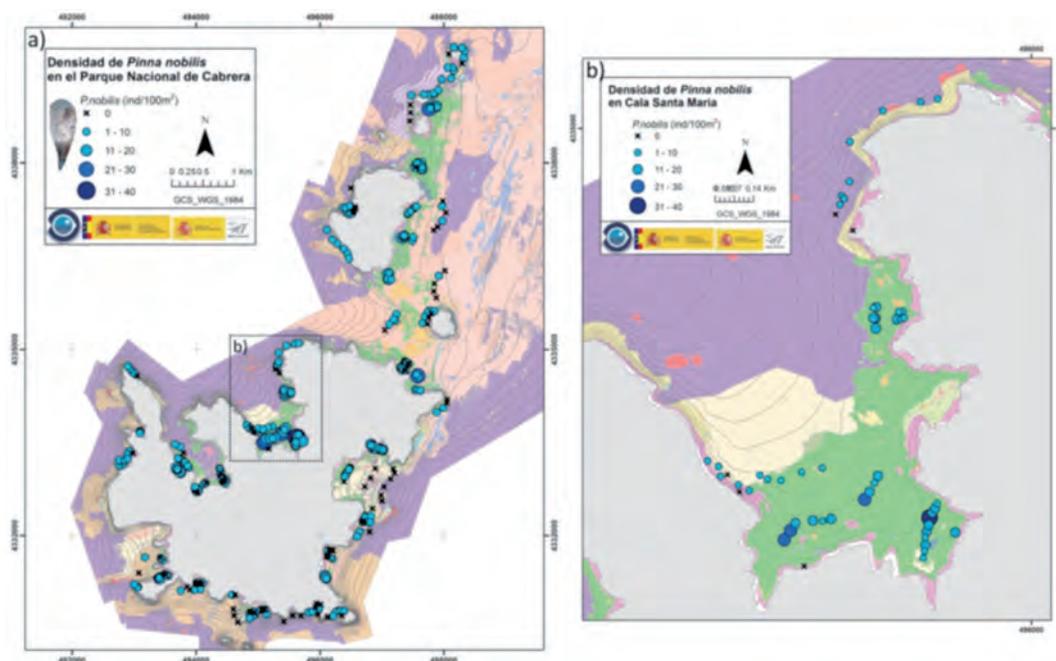


Figura 3. Densidad de *P. nobilis* (ind/100 m²) en: a) el Parque Nacional de Cabrera, y b) Cala Santa María cuantificada mediante censos visuales en 3 campañas de prospección en 2011-2012-2013.

Figure 3. Density of *P. nobilis* (ind/100 m²) in: a) the National Park of Cabrera, and b) Cala Santa María quantified by visual census surveyed in 3 field campaigns in 2011-2012-2013.

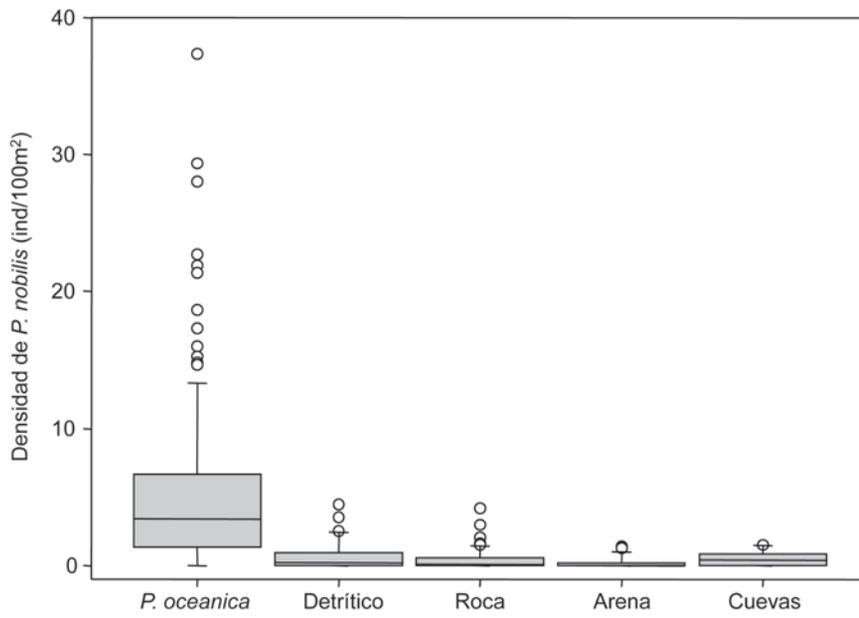


Figura 4. Box-plot de la densidad de *P. nobilis* por tipo de hábitat.

Figure 4. Density box-plot of *P. nobilis* surveyed in field for habitat type.

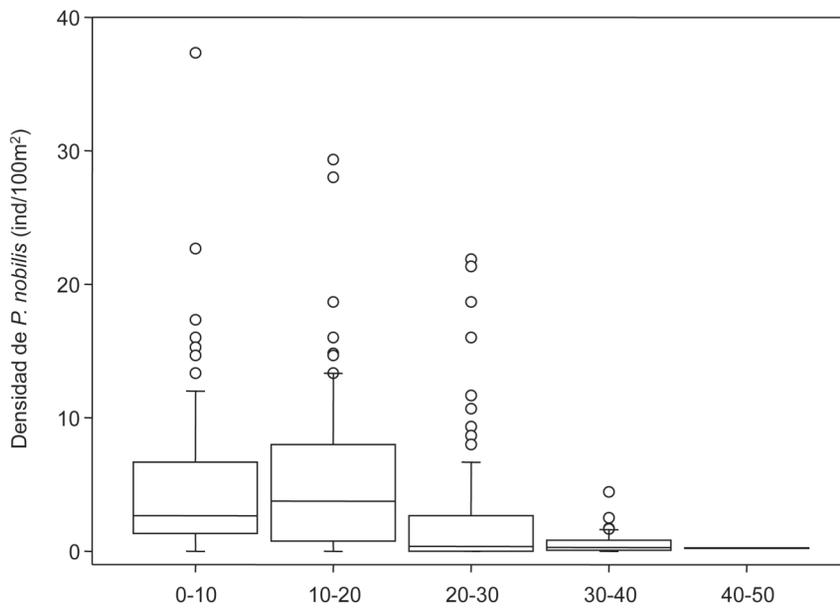


Figura 5. Box-plot de la densidad de *P. nobilis* por cota batimétrica (intervalos en metros).

Figure 5. Density box-plot of *P. nobilis* surveyed in field for depth (intervals in meters).

Proyectos de investigación en parques nacionales: 2010-2013

de ejemplares al aumentar la profundidad (Figura 5). La densidad media en la cota de 0 a 10 m fue de $4,68 \pm 0,45$ ind/100 m²; de 10 a 20 fue de $5,24 \pm 0,5$ ind/100 m²; de 20 a 30 fue de $2,24 \pm 0,44$ ind/100 m²; de 30 a 40 fue de $0,58 \pm 0,12$ ind/100 m² y de 40 a 50 fue de $0,23 \pm 0,01$ ind/100 m².

Con respecto a la distribución de clase de tallas de *P. nobilis* en el Parque, los ejemplares censados presentaban un amplio rango de tamaño ya que se han detectado individuos con una anchura máxima de la valva de 2,2 cm hasta anchuras de 30 cm. En términos generales, a nivel del Parque Nacional la población de *P. nobilis* se caracteriza por presentar individuos de todas las clases de tallas, con una mayor predominancia de individuos con anchuras comprendidas entre los 15-20 cm. Con respecto a los ejemplares muertos el patrón es similar (Figura 6). Es por tanto, una población madura con un elevado número de individuos reproductores.

Colonización de nacla por macroalgas invasoras

Se censó el grado de epifitismo de la valva en 872 individuos vivos, de los cuales 449 estaban a 10 m, y 423 a 20 m de profundidad. En cuanto a los niveles de epifitismo detectados sobre *P. nobilis* por las macroalgas invasoras *Lophocladia lallemandii* y *Caulerpa racemosa*, destaca la alta incidencia de *L. lallemandii* y la baja presencia de *C. racemosa*. El porcentaje de *P. nobilis* epifitadas por las macroalgas estudiadas era de 49,37%, para *L. lallemandii* y 1,38%, para *C. racemosa*. Dada la baja incidencia de ésta última, los resultados se centrarán en la especie *L. lallemandii*. Muchos de los ejemplares no se encontraban colonizados por dicha especie sobre todo a la cota más somera (63,3% a 10 m y 35,7% a 20 m; Figure 7). El índice de cobertura por la macroalga invasora fue significativamente mayor a 20 m de profundidad (Profundidad, PERMANOVA, $p < 0,05$; Tabla 1 y Figure 8).

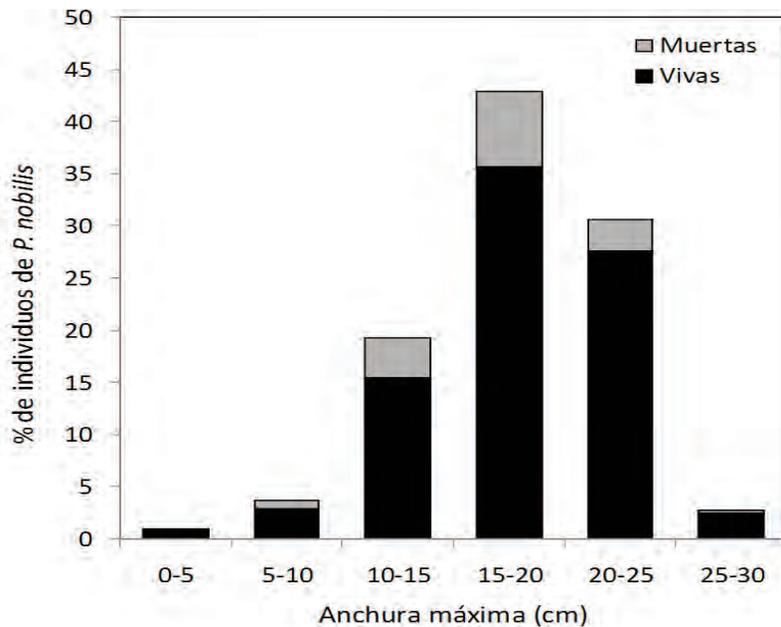


Figura 6. Clases de tallas (anchura máxima) de la población de *P. nobilis* en el PN de Cabrera. En el histograma se muestran individuos vivos y muertos (N=1.873 individuos).

Figure 6. Size classes (maximum shell width) of the population of *P. nobilis* in the NP Cabrera. In the histogram living and dead individuals (N = 1,873 individuals).

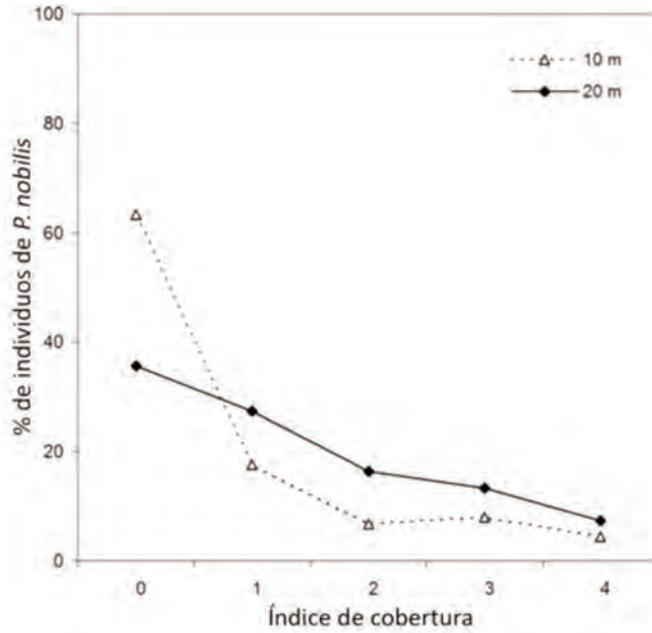


Figura 7. Porcentaje de individuos de *P. nobilis* epifitados para cada índice de cobertura de *L. lallemandii* a 10 y 20 metros de profundidad.

Figure 7. Percentage of *P. nobilis* individuals epiphytized at each *L. lallemandii* cover index at 10 and 20 meters depth.

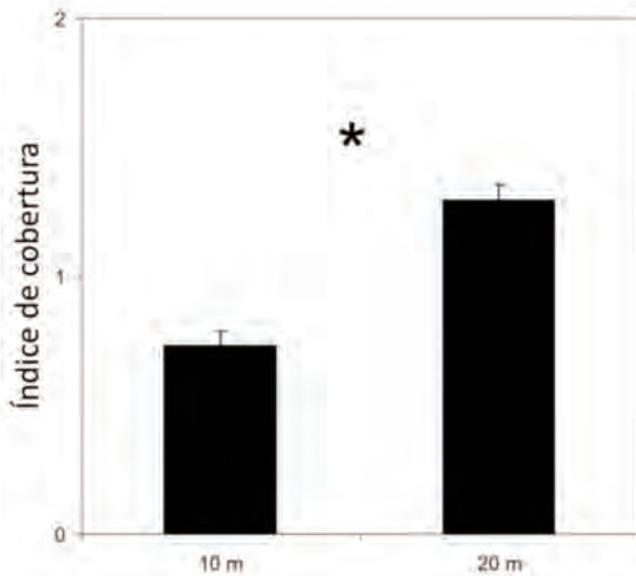


Figura 8. Valores medios (\pm SE) del índice de cobertura de *L. lallemandii* en las conchas vivas de *P. nobilis* a 10 y 20 m de profundidad. * = $p < 0,05$

Figure 8. Mean values (\pm SE) of *L. lallemandii* cover index on *P. nobilis* living shells at 10 and 20 m depth. * = $p < 0.05$

Proyectos de investigación en parques nacionales: 2010-2013

Fuente de variación	Cobertura de <i>L. lallemandii</i>		
	df	MS	p (perm)
Profundidad	1	31.796	0,016*
Sitio (Profundidad)	25	9.4011	0,001**
Residual	845	1.251	0,147
Total	871		

Table 1. Resultados de análisis multivariante PERMANOVA de dos factores para la cobertura de *L. lallemandii* sobre las valvas de *P. nobilis*. MS, media cuadrada; p, nivel de significación; df, grados de libertad; *, significativo para $p < 0,05$; **, significativo para $p < 0,01$. Test post-hoc: Profundidad: 20 m > 10 m ($p=0,012$); Sitio: S. Maria=Casa Rei=Cova Rotja=Espalmador < resto de sitios ($p<0,05$).

Table 1. Results of two-factor multivariate PERMANOVA for *L. lallemandii* coverage on *P. nobilis* shells. MS, mean square; p, level of significance; df, degrees of freedom; *, significant at $p < 0.05$; **, significant at $p < 0.01$. Post-hoc test: Depth: 20 m > 10 m ($p=0.012$); Sites: S.Maria=Casa Rei=Cova Rotja=Espalmador < other sites ($p<0.05$).

Se detectó una relación exponencial entre la anchura máxima de la concha y la superficie colonizable ($p<0,001$, Figura 9). Tanto la biomasa como el volumen de *L. lallemandii* a ambas cotas batimétricas mostró un patrón similar, pero con valores diferentes, siendo ambos parámetros mayores a 20 m de profundidad ($p<0,001$ para las dos profundidades pero distinta pendiente, Tabla 2, Fi-

gure 10). Sin embargo, solo se detectaron diferencias significativas para CI2, siendo mayor a 20 m (Profundidad x *Lophocladia*, PERMANOVA, $p < 0,01$; Tabla 3). También se detectaron diferencias significativas entre sitios, siendo Santa Maria, Casa Rei, Cova Rotja y Espalmador los lugares con menor cobertura de *L. Lallemandii* (Sitio, PERMANOVA, $p < 0,01$; Tabla 1 y Figura 11).

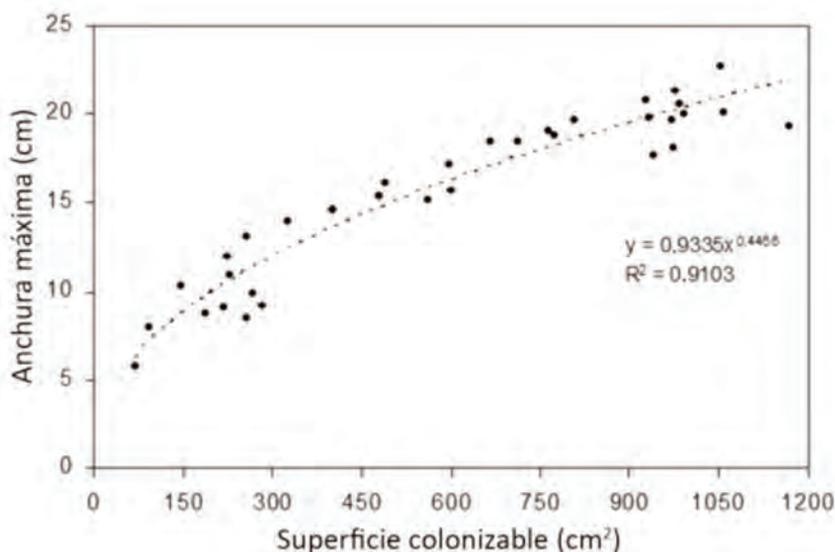


Figura 9. Línea de regresión de la anchura máxima (cm) de *P. nobilis* con respecto a la superficie colonizable (cm²) (n=35).

Figure 9. Exponential function of the regression line of maximum shell width (cm) and colonisable surface (cm²) of *P. nobilis* (n=35).

10 m				20 m		
Índice de cobertura	n	Biomasa (g ps cm ⁻²)	Volumen (ml cm ⁻²)	n	Biomasa (g ps cm ⁻²)	Volumen (ml cm ⁻²)
0	10	0	0	10	0	0
1	12	0,0007±0,0001	0,0137±0,0049	7	0,0005±0,0002	0,0085±0,0034
2	8	0,0015±0,0002	0,0264±0,0069	17	0,0026±0,0002	0,0307±0,0034
3	3	0,0017±0,0002	0,0376±0,0076	14	0,0028±0,0003	0,0465±0,0029
4	3	0,0035±0,0006	0,0589±0,0077	0	–	–

Table 2. Valores medios ± SE de la biomasa (g ps cm⁻²) y volumen (ml cm⁻²) de *L. lallemandii* para los diferentes índices de cobertura y profundidad. N, número de muestras.

Table 2. Mean values ± SE of *L. lallemandii* biomass (g dw cm⁻²) and volume (ml cm⁻²) by different levels of epiphytism and depth. N, number of samples.

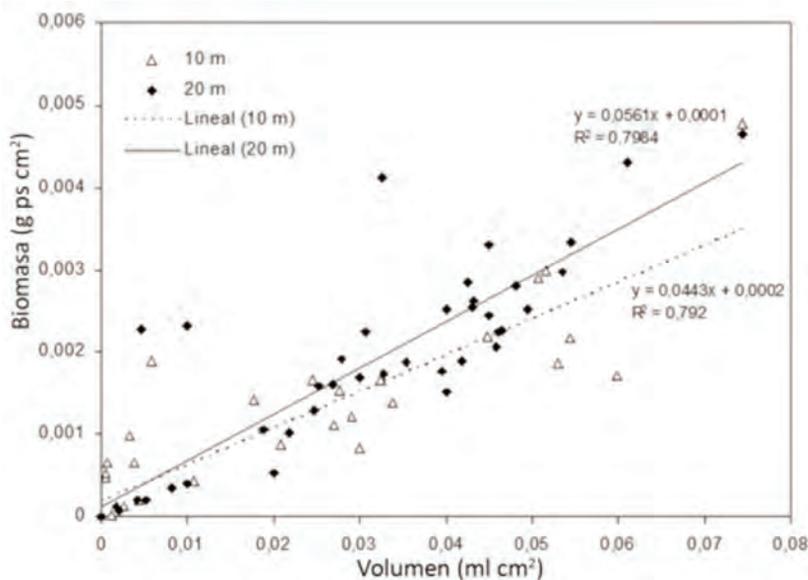


Figura 10. Regresión lineal de la biomasa-volumen de la macroalga invasora *L. lallemandii* epifitando valvas de *P. nobilis* a dos profundidades (10 and 20 metros).

Figure 10. Linear regression of volume and biomass of *L. lallemandii* at two depths (10 and 20 meters).

Demografía de poblaciones

En estos tres años de seguimiento de las parcelas permanentes, se han marcado un total de 254 ejemplares de nacra, de los que 233 individuos se han marcado en las parcelas del Parque Nacional de Cabrera (139 a 10 m, 69 a 20 m y 25 a 30 m), y 29 individuos se marcaron en la zona control de San Telmo, a 10 m de profundidad.

Se ha valorado la estructura de tallas de la población de *P. nobilis* por localidad y cota de profundidad (Figura 12). En el Parque, los ejemplares censados presentaban un amplio rango de tallas, con representantes de todas las clases de tallas, desde una anchura máxima de 3,3 cm hasta anchuras de 27,5 cm. La estructura de tallas en Cabrera varía en profundidad, de forma que en la cota más somera dominan los ejemplares com-

Biomasa (g ps cm ⁻²)				Volumen (ml cm ⁻²)		
Fuente de variación	df	MS	p (perm)	df	MS	p (perm)
Profundidad	1	108,62	0,484	1	484,62	0,467
<i>L. lallemandii</i>	4	9.687,6	0,001**	4	30.144	0,001**
Profundidad x <i>L.lallemandii</i>	3	408,25	0,026**	3	2.383,9	0,002**
Residual	76	160,24	0,147	76	603,06	
Total	84			84		

Table 3. Resultados de análisis multivariante PERMANOVA de dos factores para la biomasa y volumen de *L. lallemandii* sobre las valvas de *P. nobilis*. MS, media cuadrada; p: nivel de significación; df: grados de libertad; ** significativo para $p < 0,01$. Test post-hoc: Profundidad x *L. lallemandii*: volumen L2: 20 m > 10 m ($p=0,006$).

Table 3. Results of two-factor multivariate PERMANOVA for *L. lallemandii* biomass and volume of shells of *P. nobilis*. MS, mean square; p, level of significance; df, degrees of freedom; **, significant at $p < 0.01$. Post-hoc test: Depth x *L. lallemandii*: L2 volume: 20 m > 10 m ($p=0.006$).

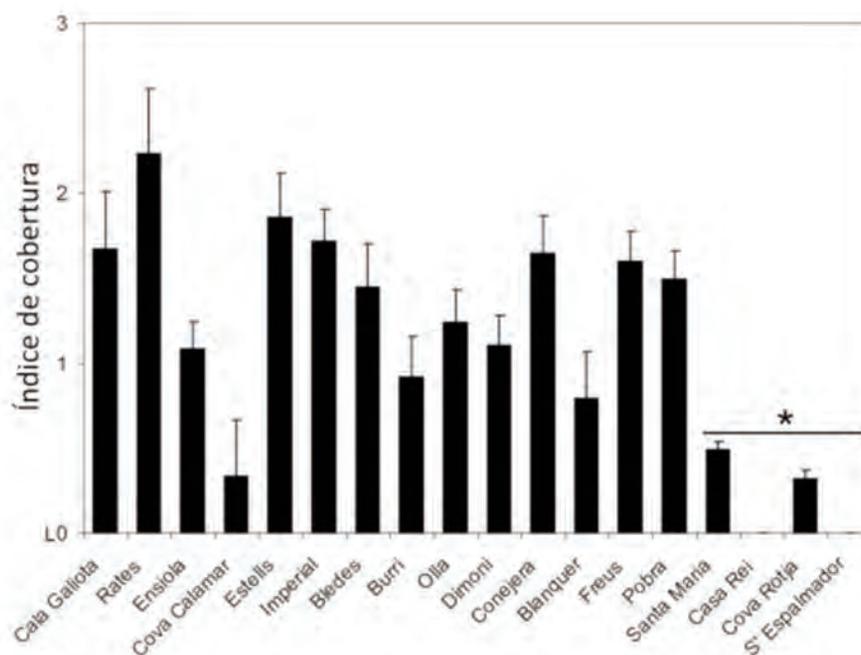


Figura 11 Valores medios (+SE) del índice de cobertura de *L. lallemandii* en las valvas de *P. nobilis* en los distintos sitios muestreados.

Figure 11. Mean values (+SE) of *L. lallemandii* coverage on *P. nobilis* living shells at sampled sites.

prendidos entre los 15-20 cm de anchura, mientras que en las cotas profundas, esta dominancia se halla en ejemplares de mayor talla, entre 20-25 cm, y es en la cota más profunda (30 m) donde esta diferencia es más acusada. Por el contrario en la zona control de San Telmo, los ejemplares de la población situada en la cota somera de 10 m, son

de menor tamaño, con medidas de ancho de valva comprendidas entre los 2,4 y los 16,9 cm. La estructura de tallas de la población está dominada por individuos de clase de talla más pequeña (10-15 cm) que en el caso de la población de Cabrera en la misma cota de profundidad, y hay una mayor proporción de juveniles y reclutas.

La supervivencia de los individuos marcados en las parcelas, después de tres años de seguimiento, ha sido en todos los casos elevada, pero siempre mayor en las parcelas situadas en Cabrera (Tabla 4).

Cuando se analizan los parámetros demográficos encontramos diferencias entre localidades, cotas y años. Las tasas de mortalidad son similares en Cabrera independientemente de la profundidad. Mientras que en San Telmo la tasa de

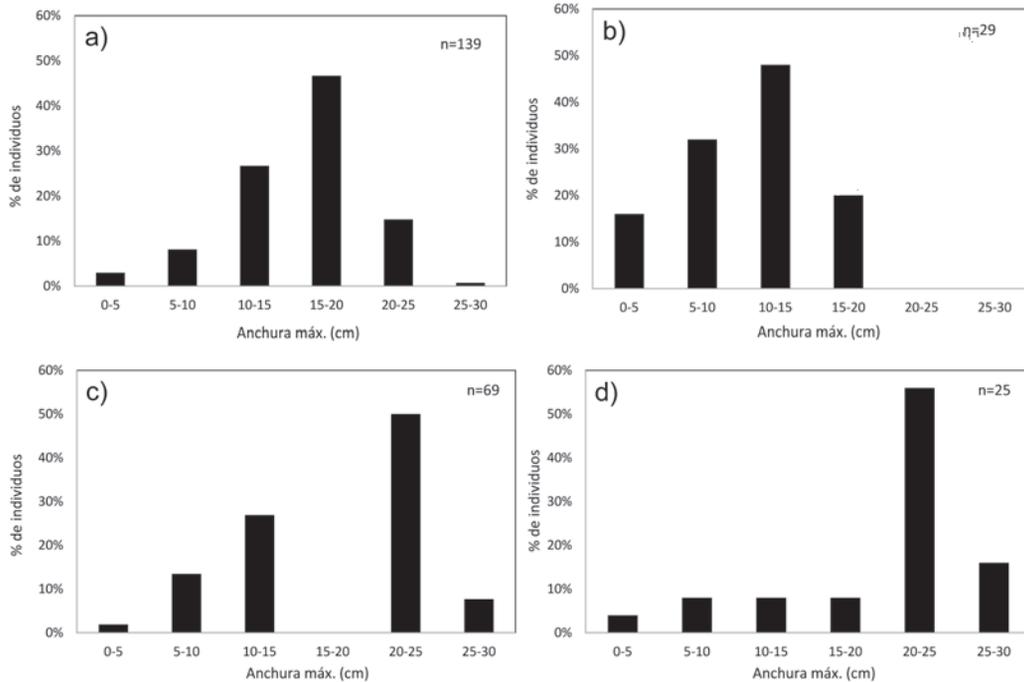


Figura 12. Clases de tallas (anchura máxima) de la población de *P. nobilis* en las parcelas del PN de Cabrera y la zona control de San Telmo. Porcentaje de individuos marcados en: a) parcelas de la cota de 10 m de Cabrera; b) parcelas de la cota de 10 m de San Telmo; c) parcelas de la cota de 20 m de Cabrera, y d) parcelas de la cota de 30 m de Cabrera.

Figure 12. Size classes (maximum shell width) of the population of *P. nobilis* in the permanent plots of Cabrera NP and control site of San Telmo. Percentage of marked individuals in: a) permanent plots of 10m depth of Cabrera, b) permanent plots of 10m depth of San Telmo, c) permanent plots of 20m depth of Cabrera, and d) permanent plots of 30 m depth of Cabrera.

Localidad	Profundidad	2012	2013
San Telmo	10	90,91%	81,82%
Cabrera	10	96,06%	91,50%
Cabrera	20	96,15%	94,23%
Cabrera	30	96,43%	96,43%

Tabla 4 Supervivencia (%) de los individuos marcados en las parcelas permanentes. Valores expresados por localidad, profundidad y visita (año).

Table 4. Survival (%) of marked individuals in permanent plots. Values expressed by location, depth and visit (year).

Profundidad	Año	Localidad	Tasa de Mortalidad	Tasa de Reclutamiento	Tasa de crecimiento neto de la población
10	2012	San Telmo	0,09 ± 0,13	0,37 ± 0,26	0,28 ± 0,39
10	2013	San Telmo	0,19 ± 0	0,14 ± 0,06	-0,04 ± 0,06
10	2012	Cabrera	0,03 ± 0,03	0,09 ± 0,06	0,07 ± 0,07
10	2013	Cabrera	0,05 ± 0,04	0,05 ± 0,05	0,002 ± 0,06
20	2012	Cabrera	0,04 ± 0,06	0,21 ± 0,18	0,17 ± 0,12
20	2013	Cabrera	0,01 ± 0,02	0,03 ± 0,04	0,01 ± 0,02
30	2012	Cabrera	0,05 ± 0,07	0,05 ± 0,07	0
30	2013	Cabrera	0,03 ± 0,03	0,03 ± 0,04	0,01 ± 0,02

Table 5. Tasas de mortalidad, reclutamiento y crecimiento neto de la población entre 2011 y 2013, por localidad y profundidad.

Table 5. Mortality, recruitment and net population growth rates between 2011-2013, per site and depth.

mortalidad es más elevada, sobre todo entre 2012 y 2013. Estas diferencias también las encontramos en el reclutamiento, el cual es superior en San Telmo, en los dos años de seguimiento, mientras que en Cabrera el reclutamiento es menor. El crecimiento neto de las poblaciones es positivo en todas las estaciones del parque, presentando un ligero descenso entre 2012 y 2013, en las poblaciones de 10 y 20 m, mientras que las de 30 m presentan un ligero ascenso. La población de San Telmo, en cambio presenta un crecimiento negativo entre 2012 y 2013, ligado a una mayor tasa de mortalidad y una menor tasa de reclutamiento que en 2012 (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Densidades observadas

En el presente estudio se ha realizado un elevado esfuerzo de muestreo, el mayor registrado hasta la fecha para esta especie, con un total de 418 censos distribuidos al azar en todo el perímetro del Parque y cubriendo un amplio rango batimétrico. Las densidades de nacra detectadas en el PN de Cabrera se encuentran entre las más altas del Mediterráneo (ver Tabla 3 para una visión general en RABAOUI *et al.*, 2010). Alcanzan hasta los 37,33 ind/100 m², siendo muy superiores a otras zonas del Mediterráneo y del resto de las Islas Baleares (valores obtenidos durante

el proyecto), e indicando la importancia del mantenimiento de las poblaciones de Cabrera, que pueden estar actuando como reservorio de pool larvario y genético para poblaciones en regresión de Baleares.

La densidad media global en Cabrera fue de 3.76 ind/100 m², lo que está en la línea de otros trabajos realizados en otros puntos del Mediterráneo, siendo en las praderas de *P. oceanica* los valores más elevados de densidad con una media de 5.13 ind/100 m². Las densidades de *P. nobilis* en el resto de hábitats fueron menores pero presentaron valores más altos que en otros puntos del Mediterráneo (COPPA *et al.*, 2010). Es importante destacar que muchos de los estudios que se han revisado, excluyen para el computo de la densidad, los valores de los transectos que son cero. Como sugiere COPPA *et al.*, 2010, en estos casos los valores de densidad están sobreestimados para toda el área de estudio, ya sea porque no se han incluido las áreas sin ejemplares o cuando el área de estudio coincide con áreas con elevadas densidades de población (GALINOU-MITSOUDEI *et al.*, 2006; CEN-TODUCATI *et al.*, 2007). En este caso, los valores de densidad hallados en Cabrera, han sido calculados incluyendo los valores que han resultado cero (24.3% de los transectos).

En cuanto a la distribución de la especie en función de la profundidad, se observan diferencias entre cotas batimétricas (Figura 5). Las cotas más

someras, entre 0 y 10 m, se hallan más afectadas por el hidrodinamismo (GARCÍA-MARCH *et al.*, 2007), por lo que solo encontramos densidades muy elevadas en aquellas áreas del parque con una configuración más resguardada, como es el caso de Santa María y el puerto. A medida que aumenta la profundidad, el impacto del hidrodinamismo es menor, y el número de ejemplares es ligeramente superior entre la cota de 10 a 20 m, profundidad a partir de la que su número empieza a disminuir. Esta disminución de ejemplares en profundidad puede verse asociada a la desaparición de su hábitat preferente, las praderas de *Posidonia*, a partir de la cota de 30-35 m. La relación entre la distribución de la especie en el Parque en relación a las variables ambientales ha sido explorada con la generación de un modelo de distribución espacial (para más detalles consultar VÁZQUEZ-LUIS *et al.*, 2014b).

Para el estudio de la talla de las poblaciones de *P. nobilis* estudiadas en Cabrera, se han utilizado los 1.873 ejemplares censados a lo largo del proyecto. Como puede verse en la Figura 6, se han encontrado representantes de todas las clases de talla, desde reclutas, individuos que talla muy pequeña (2,2 cm de ancho máximo de valva), hasta ejemplares adultos de gran tamaño (30 cm de ancho máx), que se distribuyen desigualmente en las seis clases de tallas. La talla en la que encontramos una mayor proporción de ejemplares censados (42,88%) es la de un ancho de valva entre los 15-20 cm, que corresponde con individuos adultos. La distribución de las clases de talla revela que las poblaciones de *Pinna nobilis* de Cabrera son poblaciones maduras, con un elevado porcentaje de individuos reproductores.

Epifitismo por macroalgas invasoras

Los resultados muestran el elevado número de ejemplares de *P. nobilis* que presentaban algún grado de epifitismo en sus valvas, en su mayoría por *Lophocladia lallemandii*. Aproximadamente la mitad de los ejemplares censados estaban epifitados por *L. lallemandii*, con un incremento de los valores de cobertura, biomasa y volumen de esta macroalga, en cotas más profundas (Figuras 8 y

10). Este incremento parece responder a que los ejemplares se hallan más expuestos en las cotas más profundas, ya que las praderas de *P. oceanica* le ofrecen menor protección al ser menos densas que en cotas más someras (MARBA *et al.*, 2002). Además, *L. lallemandii*, tiene preferencia por los haces de *P. oceanica* en cotas más profundas, con menor impacto por el hidrodinamismo que las cotas someras, donde es más difícil adherirse al sustrato a causa del movimiento del oleaje (CEBRIAN & BALLESTEROS, 2010). Así *P. nobilis* actuaría en las cotas profundas como un nuevo sustrato de colonización, más accesible a causa de su disposición vertical, como sugieren algunos autores (BEDINI *et al.*, 2011), y favoreciendo la dispersión de *L. lallemandii* a través de la pradera.

Los efectos que la invasión de *L. lallemandii* tiene sobre la comunidad epífita de las valvas y sobre fisiología de estos moluscos ha sido valorada por diversos autores (BOX *et al.*, 2009; DEUDERO *et al.*, 2010; CABANELLAS-REBOREDO *et al.*, 2010). La presencia de la macroalga invasora podría afectar a la capacidad de filtración de *P. nobilis*, aunque no se conoce el grado de impacto que tiene sobre estos filtradores. Además, hay que tener en cuenta que los patrones de crecimiento de *L. lallemandii* son marcadamente estacionales, con elevadas tasas de crecimiento en verano y otoño, y mínimos de biomasa en invierno y primavera (CEBRIAN & BALLESTEROS, 2010). Por tanto, los posibles efectos negativos derivados por la colonización de *L. lallemandii* podrían estar limitados a la estación cálida, y *P. nobilis* podría recuperarse tras la colonización durante el resto del año. Sin embargo, son necesarios estudios más profundos para valorar el impacto exacto que la invasión anual de *L. lallemandii* produce sobre la población de *P. nobilis*.

Demografía de *P. nobilis*

El seguimiento demográfico de las poblaciones de *P. nobilis* en Cabrera proporciona información útil sobre la evolución de esta especie en un entorno sin perturbaciones humanas. El seguimiento con-

tinuado de sus parámetros demográficos nos servirán de referencia para futuros estudios en otras zonas de características similares. Se realiza simultáneamente a tres cotas de profundidad (10, 20 y 30 m), en la misma zona de estudio, constituyendo el primer ejemplo de seguimiento de esta especie en cotas profundas, más allá de los 20 m.

Con dos años de seguimiento es aún muy pronto para poder determinar la evolución de las poblaciones, debido a que los parámetros demográficos requieren seguimientos a largo plazo para obtener una correcta información sobre reclutamiento y mortalidad. Aunque los resultados que se presentan son preliminares, ya se pueden observar tendencias. Las tasas de mortalidad observadas en Cabrera son bajas si las comparamos con otros estudios similares como el de GARCIA-MARCH *et al.* (2007), en donde se realizó el seguimiento de una población a dos cotas de profundidad (6 y 13 m), y donde la tasa de mortalidad es más alta en la cota somera (0,20 y 0,09, respectivamente). El elevado esfuerzo muestral que supone el seguimiento de las parcelas permanentes dificulta su estudio, sobre todo en el caso de la obtención de tasas de reclutamiento. La búsqueda de juveniles ha de hacerse en una época del año determinada por la menor longitud de la hoja de la pradera de *P. oceanica*, para asegurar una buena visibilidad. El estudio que se presenta es uno de los primeros trabajos que presentan tasas de reclutamiento para esta especie, que como puede verse en la Tabla 5, varía en función de la localidad, encontrándose mayores tasas de reclutamiento en la zona control que en Cabrera.

La estructura de tallas de las poblaciones de nacra del PN de Cabrera a las que se les realiza el seguimiento demográfico, siguen el mismo patrón que hemos visto en el resto de poblaciones del Parque. En las tres cotas de profundidad estudiadas se hallan individuos de todas las clases de tallas, con una mayor predominancia de individuos con anchuras comprendidas entre los 15-20 cm en la cota somera (10 m), mientras que en las cotas más profundas (20 y 30 m), predominan individuos de mayor talla entre los 20-25 cm, patrón que se observa también en otras zonas del mediterráneo (GARCIA-MARCH *et al.*, 2007). La cota de 30 m es donde encontramos una estruc-

tura de tallas más diferenciada del resto de cotas, a pesar de que encontramos representantes de todas las clases de talla, los individuos de talla grande (clase 20-25 cm), predominan sobre el resto, con una proporción mucho mayor que en el resto de cotas.

Si comparamos la estructura de tallas de la cota somera de Cabrera con la zona control en San Telmo, observamos una clara diferencia en su estructura poblacional y en número de individuos. Las parcelas de San Telmo, con 29 ejemplares son similares en número de ejemplares a las dos parcelas de Cabrera de baja densidad, que poseen 35 ejemplares. Pero si analizamos la estructura de tallas, se observa una clara diferencia entre la población de San Telmo y la del Parque. En Cabrera está representadas las 6 clases de tallas, mientras que en San Telmo sólo se hallan 4 de ellas, las de menor talla, con ningún representante de ejemplares grandes (20-25 cm) y muy grandes (25-30 cm).

La clase dominante en San Telmo es de menor talla (10-15 cm), que en Cabrera (15-20 cm), además la proporción de juveniles y reclutas (32 y 16%, respectivamente), es mayor que en Cabrera cuya proporción es menor (8 y 3%).

Aplicación a la gestión

Las estimas de abundancia y, más importante aún, las tendencias en este tipo de estimas, son un requisito previo para la evaluación del estado de las especies y para la propuesta de medidas inmediatas que garanticen la viabilidad de las poblaciones locales (KATSANEVAKIS & THESALOU-LEGAKI, 2009). Tras más de 20 años de protección efectiva y de exclusión de impactos antrópicos en el Parque Nacional de Cabrera, éste es el primer estudio que se realiza sobre la evolución de las poblaciones de esta especie protegida en el Parque. El mapa sobre la distribución espacial de *P. nobilis*, además de los conocimientos sobre la ecología de sus poblaciones, constituye una herramienta muy útil que permitirá realizar una gestión y seguimiento efectivo de las poblaciones de esta especie protegida en el Parque. Es impor-

tante destacar que los seguimientos a largo plazo han demostrado ser de gran utilidad para evaluar la evolución de las poblaciones, sobretodo en el caso de especies sésiles (MARBÀ *et al.*, 2005). En el PN Cabrera, el seguimiento demográfico de las parcelas permanentes de *P. nobilis* serán una herramienta muy útil para la gestión de dicha especie. Además, los conocimientos obtenidos sobre la especie en este entorno, son de elevado interés para la conservación de *Pinna nobilis*, como especie protegida. No en vano la conservación de la diversidad biológica es uno de 11 descriptores específicos incluidos en los futuros programas europeos de Estrategia Marina (MSFD, 2008/56/EC), dirigidos a alcanzar el Buen Estado Ambiental (BEA) en 2020. Por tanto, la gestión de esta especie tiene el potencial de ser utilizado como línea de base para una adecuada gestión de la AMP y de realizar más estudios, dadas las características del entorno.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado gracias a la concesión del proyecto 024/2010 del programa

de Investigación en la Red de Parques Nacionales (Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerios de Ambiente y Medio Rural y marino). Agradecemos a las autoridades gestoras del PNMTAC, así como al equipo de guardas y vigilantes su colaboración en diversas etapas a lo largo del desarrollo del proyecto. También agradecemos Jaume Ferrer por el apoyo logístico a lo largo del proyecto. Estamos muy agradecidos a la gran colaboración de colegas y voluntarios que han participado desde diversas instituciones: Amalia Grau, Antoni M. Grau, Ariadna Tor, Carlos García, Carlos Morell, Carlos Valle, Carmen Alomar, Cristina Gonzalez, Dani Ottmann, David Díaz, Fernando Estarellas, Florencia Bibbo, Fran Fuster, Gàlia Banach Esteve, Guillem Mateu, Irina Sánchez, Iris Hendriks, J.A. Campillo, Jose Rafael Garcia-March, Joseph A. Borg, Kika Magraner, Laura Lozano, Lorena Basso, Marga Cerdá, Mercé Morató, Micaela García, Montse Arenós, Nino Nataloto, Pablo Arechavala, Patrick Schembri, Piluca Sarrera, Raquel Goñi, Toni Frau, Toni Sureda, Txema Brotons, voluntarios FEDAS (José Cordon, Andrés Arenas, Luis Martínez y Joan Calvo) y Xisco Ordinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOFF, M.D., MAGELHAES, P.J. & RAM, S.J. 2004. Image processing with ImageJ. *Biophotonics International* 11: 36-42.
- ANDERSON, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- ANDERSON, M.J., GORLEY, R.N. & CLARKE, K.R. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. PRIMER-E, Plymouth.
- BEDINI, R., BONECHI, L. & PIAZZI, L. 2011. Spread of the introduced alga *Lophocladia lallemandii* in the Tuscan Archipelago (NW Mediterranean Sea). *Cryptogamie Algologie* 32: 383-391.
- BOX, A., SUREDA, A. & DEUDERO, S. 2009. Antioxidant response of the bivalve *Pinna nobilis* colonised by invasive red macroalgae *Lophocladia lallemandii*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 149(4), 456-460.
- CABANELLAS-REBORDO, M., BLANCO, A., DEUDERO, S. & TEJADA, S. 2010. Effects of the invasive macroalga *Lophocladia lallemandii* on the diet and trophism of *Pinna nobilis* (Mollusca:Bivalvia) and its guests *Pontonia pinnophylax* and *Nepinnotheres pinnotheres* (Crustacea: Decapoda). *Scientia Marina*. 74 - 1, pp. 101-110. (España).
- CEBRIÁN, E. & BALLESTEROS, E. 2010. Invasion of Mediterranean benthic assemblages by red alga *Lophocladia lallemandii* (Montagne) F. Schmitz: Depth-related temporal variability in biomass and phenology. *Aquatic botany*, 92(2), 81-85.

Proyectos de investigación en parques nacionales: 2010-2013

- CENTODUCATI, G., TARSIANO, E., BOTTALICO, A., MARVULLI, M., LAI, O.R. & CRESCENZO, G. 2007. Monitoring of the endangered *Pinna nobilis* Linne, 1758 in the Mar Grande of Taranto (Ionian sea, Italy). *Environmental Monitoring and Assessment* 131: 339-347.
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2006. PRIMER v6: user manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth.
- COPPA, S., GUALA, I., DE LUCÍA, G.A., MASSARO, G. & BRESSAN, M. 2010. Density and distribution patterns of the endangered species *Pinna nobilis* within a *Posidonia oceanica* meadow in the Gulf of Oristano (Italy). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(5): 885-894.
- DEUDERO, S., BLANCO, A., BOX, A., MATEU-VICENS G., CABANELLAS-REBOREDO M. & SUREDA A. 2010. Interaction between the invasive macroalga *Lophocladia lallemandii* and the bryozoan *Reteporella grimaldii* at seagrass meadows: density and physiological responses. *Biological Invasions* 12, 41-52.
- GALINOUMITSOU, S., VLAHAVAS, G. & PAPOUTSI, O. 2006. Population study of the protected bivalve *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in Thermaikos Gulf (North Aegean Sea). *Journal of Biological Research* 5: 47-53.
- GARCÍA-MARCH, J.R. 2003. Contribution to the knowledge of the status of *Pinna nobilis* (L.) 1758 in Spanish coasts. *Mem. Inst. Oc. Paul Ricard*: 29-41.
- GARCIA-MARCH, J.R. & NARDO, V. 2006. Protocol to study and monitor *Pinna nobilis* populations within Marine Protected Areas. MedPan-Interreg IIIC.
- GARCÍA-MARCH, J.R., GARCÍA-CARRASCOSA, A.M., CANTERO, A.L.P. & WANG, Y.G. 2007. Population structure, mortality and growth of *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Bivalvia) at different depths in Moraira bay (Alicante, Western Mediterranean). *Marine Biology* 150: 861-871.
- KATSANEVAKIS, S. 2007. Growth and mortality rates of the fan mussel *Pinna nobilis* in Lake Vouliagmeni (Korinthiakos Gulf, Greece): a generalized additive modelling approach. *Marine Biology* 152: 1319-1331.
- KATSANEVAKIS, S. & THESSALOU-LEGAKI, M. 2009. Spatial distribution, abundance and habitat use of the protected fan mussel *Pinna nobilis* in Souda Bay, Crete. *Aquatic Biology* 8: 45-54.
- MARBA, N., DUARTE, C.M., CEBRIÁN, J., GALLEGOS, M.E., OLESEN, B. & SANDJENSEN, K. 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: Elucidating seagrass decline. *Marine Ecology- Progress Series* 137: 203-213.
- MARBA, N., DUARTE, C.M., HOLMER, M., MARTÍNEZ, R., BASTERRETxea, G., ORFILA, A., JORDI, A. & TINTORE, J. 2002. Assessing the effectiveness of protection on *Posidonia oceanica* populations in the Cabrera National Park (Spain). *Environmental Conservation* 29, 509-518.
- MARBÀ, N., DUARTE, C.M., DÍAZ-ALMELA, E., TERRADOS, J., ÁLVAREZ, E., MARTÍNEZ, R., SANTIAGO, R., GACIA, E. & GRAU, A.M. 2005. Direct Evidence of Imbalanced Seagrass (*Posidonia oceanica*) Shoot Population Dynamics in the Spanish Mediterranean. *Estuaries* 28: 53-62.
- McARDLE, B.H., ANDERSON, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.
- RABAOUI, L., ZOUARI, S.T., KATSANEVAKIS, S. & BEN HASSINE, O.K. 2007. Comparison of absolute and relative growth patterns among five *Pinna nobilis* populations along the Tunisian coastline: an information theory approach. *Marine Biology* 152: 537-548.
- RICHARDSON, C.A., KENNEDY, H., DUARTE, C.M., KENNEDY, D.P. & PROUD, S.V. 1999. Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Biology* 133: 205-212.
- TEMPLADO, J., CALVO, M., A., G., LUQUE, A.A., MALDONADO, M. & MORO, L. 2004. Guía de invertebrados y peces marinos protegidos por la legislación nacional e internacional. Madrid.
- VÁZQUEZ-LUIS, M., BANACH-ESTEVE, G., ÁLVAREZ, E., DEUDERO, S. 2014a. Spread of the invasive seaweed *Lophocladia lallemandii* on the bivalve *Pinna nobilis* in a Marine Protected Area. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 1-8, DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S002531541400037X>.



VÁZQUEZ-LUIS, M. Y COLS.

«Estado de conservación de *Pinna nobilis*»

VÁZQUEZ-LUIS, M., MARCH, D., ÁLVAREZ, E., ÁLVAREZ-BERASTEGUI, D. & DEUDERO, S. 2014b. Spatial distribution modelling of the endangered bivalve *Pinna nobilis* in a Marine Protected Area. Mediterranean Marine Science, *in press*.

ZAVODNIK, D., HRS-BRENKO, M. & LEGAC, M. 1991. Synopsis on the fan shell *Pinna nobilis* L. in the eastern Adriatic sea. In: Boudouresque, CF, Avon M, Gravez V (eds) Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée. Posidonie publ. Marseille. Marseille 169-178.

