

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HÁBITATS ESENCIALES PARA TRES ESPECIES DE CEFALÓPODOS EN LOS PARQUES NACIONALES DE LAS ISLAS ATLÁNTICAS DE GALICIA Y CABRERA

ÁNGEL GUERRA SIERRA¹, JORGE HERNÁNDEZ-URCERA², MANUEL E. GARCI³, MIGUEL CABANELLAS-REBORDO⁴, MARTA SESTELO⁵, MIQUEL PALMER⁶, MARCOS REGUEIRA⁷, MIGEL GILCOTO⁸, MATÍAS CALVO-MANAZZA⁹, ÁNGEL F. GONZÁLEZ¹⁰, BEATRIZ MORALES-NIN¹¹

RESUMEN

Mediante 112 censos visuales con escafandra autónoma realizados entre abril de 2012 y agosto de 2015, distribuidos aleatoriamente en el archipiélago de Cies (Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia), se evaluaron las características (tipo de sustrato, profundidad, temperatura y estación) de los hábitats esenciales de *Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis* y *Loligo vulgaris*. Dichas características se emplearon como predictores de la presencia/ausencia de guaridas de desove o masas de huevos utilizando Modelos Aditivos Generalizados. El hábitat esencial para el desove de *O. vulgaris* se localizó entre 5 y 30 m de profundidad en fondos rocosos entre Punta Escodelo y Punta Ferreiro (isla de Monteagudo), cuya superficie es del 6% del total. Proponemos su protección completa para la explotación. Los censos visuales con escafandra autónoma mostraron un hábitat esencial de cría de *O. vulgaris* en fondos arenosos de la ensenada de Rodas. Esta pe-

¹ Instituto de Investigaciones Marinas (IIM, CSIC), ECOBIOMAR, Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo, España. Tel: 986231930. E-mail: angelguerra@iim.csic.es

² Instituto Español de Oceanografía (IEO), Centro Oceanográfico de Vigo, Subida a Radio Faro 50, 36390, Vigo, España. Tel: 986492111. E-mail: jorge.hernandez@vi.ieo.es

³ Instituto de Investigaciones Marinas (IIM, CSIC), ECOBIOMAR, Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo, España. Tel: 986231930. E-mail: garci@iim.csic.es

⁴ Instituto Español de Oceanografía (IEO), RESMARE, Moll de Ponent s/n, 07015 Palma de Mallorca, Islas Baleares, España. Tel: 971708313. E-mail: miguel.cabanellas@ba.ieo.es

⁵ Centre of Mathematics, University of Minho, Portugal and SiDOR Research Group and CINBIO, University of Vigo, Spain. E-mail: sestelo@uvigo.es

⁶ Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-UIB), Departamento de Recursos Naturales, Miquel Marques 21, 07190 Esporles, Islas Baleares, España. Tel: 971611798. E-mail: palmer@imedea.uib-csic

⁷ Instituto de Investigaciones Marinas (IIM, CSIC), ECOBIOMAR, Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo, España. Tel: 986231930. E-mail: regueria@iim.csic.es

⁸ Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC), ECOBIOMAR, Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo, España. Tel: 986231930. E-mail: mgilcoto@iim.cisc.es

⁹ Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-UIB), Departamento de Recursos Naturales, Miquel Marques 21, 07190 Esporles, Islas Baleares, España. Tel: 97161020. E-mail: denecochea54@gmail.com

¹⁰ Instituto de Investigaciones Marinas (IIM, CSIC), ECOBIOMAR, Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo, España. Tel: 986231930. E-mail: afg@iim.csic.es

¹¹ Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-UIB), Departamento de Recursos Naturales, Miquel Marques 21, 07190 Esporles, Islas Baleares, España. Tel: 97161020. E-mail: beatriz@imedea.uib-csic.es

queña área (2,8% del total) podría ser también protegida. Los resultados para *S. officinalis* revelaron dos HE para el desove: el Bajo de Viños y la Piedra del Borrón, bancos de fondo duro entre 8-13 m cubiertos por gorgonias y poliquetos tubícolas en la ensenada de Rodas. Se sugiere protección para este área (0,28% del total). Apenas se hallaron puestas de *L. vulgaris* con censos visuales con escafandra autónoma y Dispositivos Atractores de Puesta en Cíes. También se observaron muy escasos ejemplares de *S. officinalis* y *O. vulgaris* con censos visuales con escafandra autónoma entre 5 y 50 m de profundidad en el Parque Nacional de Cabrera. Se identificaron dos HE para el desove del calamar en el Parque Nacional de Cabrera usando Dispositivos Atractores de Puesta: Na Redona y Ses Rates, fondos arenosos entre 18 y 50 m de profundidad con rápidas corrientes. Estos HEs son indicadores de selección del hábitat, y constituyen un notable apoyo para identificar objetivos en proyectos de conservación de hábitats y enfoques ecosistémicos en la gestión pesquera.

Palabras clave: Selección de hábitat, hábitats esenciales, Áreas Marinas Protegidas, Aproximación ecosistémica a la gestión pesquera, *Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris*, cefalópodos, Atlántico NE, Islas Baleares (Mediterráneo NO).

IDENTIFICATION AND CHARACTERIZATION OF ESSENTIAL HABITATS FOR THREE CEPHALOPOD SPECIES IN THE NATIONAL PARKS OF GALICIAN ATLANTIC ISLANDS AND CABRERA

ABSTRACT

We evaluated specific habitat features (bottom substrate type, depth, temperature and season) at random locations in the Cíes archipelago (Galician Atlantic Islands National Park, NW Spain) and to determine their impact on *Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis* and *Loligo vulgaris* habitat use. We performed 113 underwater visual transects by scuba diving between April 2012 and August 2015. Habitat features were evaluated as predictors of the presence/absence of spawning dens and egg clusters using Generalized Additive Models. The *O. vulgaris* spawning essential habitats was found between 5 and 30 m depth in rocky bottoms from Punta Escodelo to Punta Ferreiro (Monteagudo Island), which surface is 6% of the total marine area of the Cíes islands. We propose a complete protection of this area for exploitation. Underwater visual transects also showed that there is an *O. vulgaris* hatchery essential habitat (specimens ≤ 1000 g) in the sandy bottoms of the Rodas inlet. This small area (2.8% of the total) could be also protected. *S. officinalis* results revealed two SEH: Bajo de Viños and Piedra del Borrón, hard bottom shoals between 8-13 m covered by sea fans and sea worms and located in the central Cíes islands. We also suggest protecting that small area (0.28% of the total). Very few *L. vulgaris* eggs masses were found with underwater visual transects and artificial devices attractors in the Cíes islands. Also very few specimens of *O. vulgaris* and *S. officinalis* were found with underwater visual transects in Cabrera National Park between 5 and 50 m depth. Two squid spawning essential habitats were located in that park using artificial devices attractors: Na Redona and Ses Rates, both on sandy bottoms from 18 to 50 m depth with fast marine currents. The spawning essential habitats found reveal indicators of three species habitat selection and should help to identify targets for habitat improvement projects and ecosystem management approaches.

Keywords: Habitat selection, Essential Habitats, Marine Protected Areas, Ecosystem Management Approach, *Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris*, cephalopods, NE Atlantic, Balearic Islands (NW Mediterranean).

INTRODUCCIÓN

La degradación del hábitat y la sobrepesca pueden causar un deterioro severo en algunos de los recursos marinos vivos explotados (WORM *et al.* 2006). Los cefalópodos son importantes especies objetivo de la pesca en todo el mundo (BOYLE & RODHOUSE 2005), y sus stocks son susceptibles a la sobrepesca (ARKHIPKIN *et al.* 2015). Como en otras especies de vida breve, la abundancia de pulpo (*Octopus vulgaris*), sepia (*Sepia officinalis*) y calamar (*Loligo vulgaris*) experimenta una importante variabilidad interanual que depende en gran medida de las variaciones ambientales (PIERCE *et al.* 2008), que complica su gestión.

En un esfuerzo por promover la pesca sostenible se han establecido diferentes estrategias de gestión para reducir la mortalidad por pesca, principalmente a través de restricciones a la explotación. Las regulaciones convencionales consisten en la limitación del esfuerzo pesquero, zonas o periodos de veda, y restricciones en las artes de pesca (MORALES-NIN *et al.* 2010). Sin embargo, en algunos casos, este enfoque convencional ha sido ineficaz (HUTCHINGS 2000). Por ello, se ha propuesto la integración de las limitaciones pesqueras específicas con una estrategia de gestión más amplia (ROBERTS *et al.* 2005). Para hacer frente a tal estrategia de gestión integrada se ha enfatizado la importancia de caracterizar y proteger hábitats esenciales (HEs) para las especies en cualquier etapa crítica de su ciclo vital (ROSENBERG *et al.* 2000). La mejora de la situación del stock y el aseguramiento de su sostenibilidad a largo plazo requeriría una protección especial de los HEs (VALAVANIS & SMITH 2007). Identificar, caracterizar y proteger HEs no solo es beneficioso para la especie sino también para todo el ecosistema. En este sentido, adoptar este tipo de gestión de los recursos es implicarse en una gestión pesquera basada en el ecosistema (EBFM) (PIKITCH *et al.* 2004). Complementariamente, este tipo de gestión reduce los problemas que conlleva el problemático manejo de las

pesquerías artesanales, a las que tanta importancia da la Unión Europea (GUYADER *et al.* 2013).

Comprender las relaciones entre las variaciones ambientales y los HEs es un campo emergente que, aunque ha sido abordado en algunas pesquerías de pulpo (MORENO *et al.* 2014), sepia (ROYER *et al.* 2006) y calamar (ROBERTS & SAUER 1994), es la primera vez que se aborda en aguas españolas.

Las tres especies de cefalópodos seleccionadas para este estudio lo fueron porque tienen puestas que son fijadas a estructuras del fondo (MANGOLD 1983; BLOOR *et al.* 2013; JEREB & ROPER 2010), y, por ello, asequibles a ser identificadas por medio de buceos con escafandra autónoma, una técnica no lesiva ni para las especies ni para el ecosistema. Además, las tres especies son de importancia comercial tanto en el Atlántico NE como en el Mediterráneo (JEREB & ROPER, 2010; CABANELLAS-REBOREDO *et al.* 2014; GUERRA *et al.* 2015b; GUERRA *et al.* 2016). Por otra parte, como sus puestas son dependientes del tipo de sustrato del fondo, la degradación de éstos puede significar la pérdida de HEs, lo que afecta al reclutamiento y, a la postre, a la abundancia del stock explotable. Esto ha ocurrido por ejemplo en la Ría de Vigo, en cuya boca se localiza el Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia (PNIAG) (GUERRA *et al.* 2008).

El principal objetivo del presente trabajo es identificar y caracterizar HEs para las tres especies citadas dentro del PNIAG y en el Parque Nacional de Cabrera (PNC). Específicamente, el estudio se enfoca en analizar el papel de tipo del sustrato, zona, profundidad, estación anual, temperatura y explotación pesquera en la selección de los HEs de desove. La hipótesis que subyace es que las hembras ovadas de las tres especies seleccionan el hábitat en el cual realizar la freza. Se buscó proporcionar evidencias para elaborar un plan de gestión sostenible de estos tres recursos en las aguas españolas basado en HEs.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio en el PNIAG

El estudio se realizó en el archipiélago de Cíes, cuya área marítima cubre 2637,77 ha (Fig. 1). En todo el PNIAG se lleva a cabo una intensa explotación marisquera y pesquera por una flota artesanal, en la que los cefalópodos, principalmente el pulpo, son especies objetivo que se capturan con nasas, trasmallos y poteras (OURENS et al. 2010; GUERRA et al. 2015b).

El muestreo del pulpo

El área marina alrededor de Cíes entre 5 y 30 m de profundidad se dividió en 52 celdillas de 27,7 ha cada una. Toda el área se clasificó en tres Zonas: Norte, Central y Sur. Inicialmente, el muestreo se diseñó aleatorio, pero el mal tiempo reinante ocasional modificó el diseño original. Se realizaron 4 censos visuales mensuales con escafandra autónoma (CEVEAs) entre abril de 2012 y abril de 2014. Adicionalmente, se realizaron 4 CEVEAs entre junio y octubre de 2013 en la ensenada de

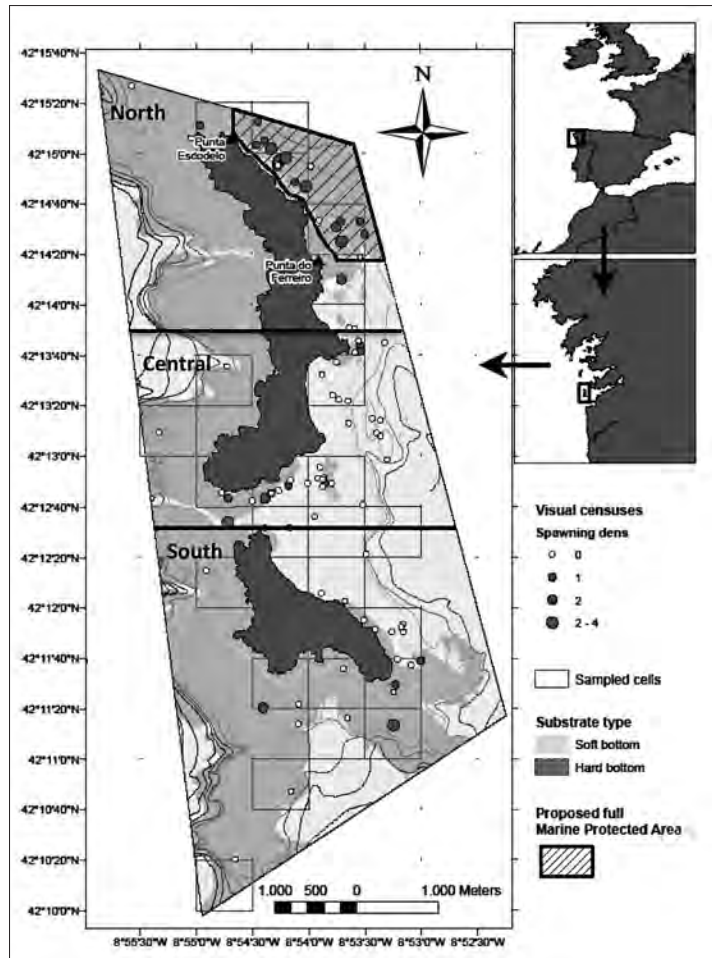


Fig. 1 *Octopus vulgaris*. Mapa de las islas Cíes en el Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia (NO de la Península Ibérica). Se muestran censos visuales, zonas (norte, centro y sur), abundancia de masas de huevos y de guaridas de desove, tipo de sustrato y hábitat esencial de desove (área rayada).

Rodas. Todas las inmersiones se grabaron con una cámara de video SONY HDR-CX700. Se desarrolló un método nuevo para calcular el área barrida en cada CEVEA (GUERRA *et al.* 2015b). Los parámetros hidrográficos se obtuvieron con CTD.

El examen de las imágenes ofreció el tipo de sustrato del fondo y la presencia de hembras de *O. vulgaris* con huevos o guaridas de freza (Fig. 2) (HANLON & MESSENGER 1996). El tipo de sustrato del fondo se definió en dos categorías: blandos y duros. Se registró el número de embarcaciones que faenaban con nasas durante cada CEVEA.

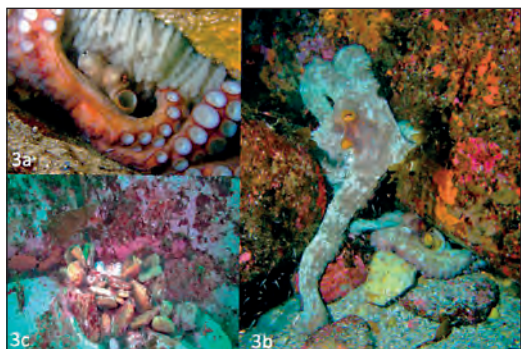


Fig. 2 *Octopus vulgaris*; a: hembra protegiendo su puesta; b: guarida de desove típica; c: cópula.

El muestreo de sepia

La primera fase del muestreo de esta especie se desarrolló como para el pulpo. En este caso la categorización del tipo de fondo fue: (1) blando; (2) duro con gorgonias o poliquetos tubícolas, estructuras permanentes durante todo el año; (3) duro con algas, estacionalmente dependiente; y (4) duro sin vegetación durante todo el año. La segunda fase consistió en un total de 18 CEVEAs no aleatorias, realizadas en dos áreas identificadas en la fase previa como HEs para el desove de *S. officinalis*, cuya superficie se calculó usando el software de mapeo de imágenes de Google Earth (versión

6.2). Dentro de dichas áreas se acotaron dos zonas de 20x20 m. Todas las masas de huevos halladas (Fig. 3) dentro de dichas zonas se identificaron con una boya numerada. El objetivo de esta segunda fase de muestreo era estimar la abundancia y características de las masas de huevos.



Fig. 3 *Sepia officinalis* poniendo. Foto: José Luis González.

El muestreo del calamar

Esta especie se muestreó como se hizo con los CEVEAs para el pulpo y la sepia. Sin embargo, debido a la extrema escasez de puestas observadas, se instalaron en Cíes cuatro Dispositivos Atractores de Puestas (DAPs) en diferentes hábitats y entre 2012 y 2014, que se inspeccionaron en cada CEVEA.

Registro de los datos

Los datos se registraron en tres bases: (1) imágenes, (2) tipos de sustrato, datos oceanográficos (CTD) y otras variables, y (3) observaciones e incidencias. Las dos primeras se incluyeron en archivos adecuados para GIS. Se usó la versión 9.2 del programa ArcGIS para representar los mapas de las preferencias ambientales que definían los HEs de desove de las tres especies, siguiendo la metodología de VALAVANIS *et al.* (2004).

Análisis estadísticos para el pulpo y la sepia

Las características de los hábitats (zona, profundidad, tipo de sustrato, temperatura del fondo, estación del año y esfuerzo de pesca, solo en el caso de *O. vulgaris*) se evaluaron como predictores de la presencia/ausencia de evidencias de desove usando Modelos Aditivos Generalizados (GAM; Wood, 2006). Las expresiones matemáticas, la explicación de las variables del modelo, y los paquetes y programas estadísticos usados se describen detalladamente en GUERRA et al. (2015b; 2016).

Área de estudio en el PNC

El estudio comprendió el archipiélago de Cabrera (PNMTAC) (Fig. 4). Después de su declaración como Parque Nacional, un total de 61 embarcaciones artesanales tenían licencia para faenar en sus aguas (COLL et al. 1999). Sin embargo, el esfuerzo pesquero actual se ha reducido considerablemente a algo menos de 20 embarcaciones que pescan regularmente (P. Amengual com. per.). La principal actividad de esta flota se realiza con redes de enmalle y no está dirigida al calamar, que se pesca fundamentalmente con poteras manuales y atracción con luces.

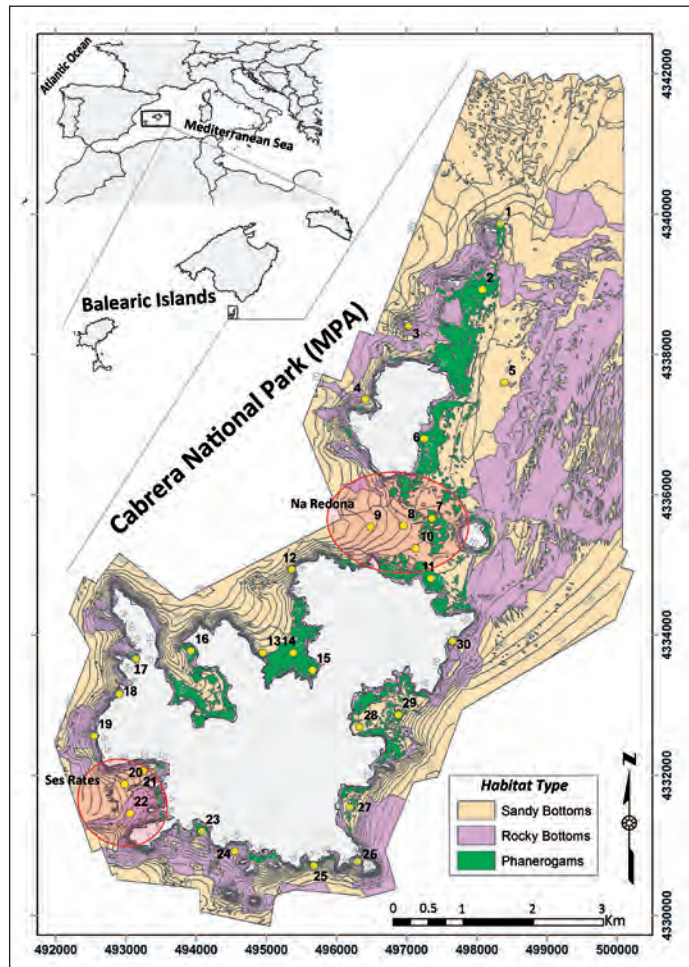


Fig. 4 Distribución de los Dispositivos Atractores de Puesta (DAPs) alrededor del Parque Nacional de Cabrera en los tres hábitats naturales principales (fanerógamas, rocosos y arenosos). Las isobatas indican intervalos de 5 m de profundidad. Na Redona y Ses Rates mostraron una abundancia de puestas significativamente mayor que las demás localidades.

Estrategia de muestreo

Preliminarmente, se realizaron 13 CEVEAs en el PNC, pero apenas se hallaron pulpos y sepias entre 5 y 30 m de profundidad. Por esta razón, se decidió un cambio de estrategia. Durante un año, se desplegaron al azar 30 Dispositivos Atractores de Puestas (DAPs; Fig. 5) en tres tipos de hábitat entre 5 y 50 m de profundidad: lechos con fanerógamas, fondos arenosos y rocosos. Cada DAP se recuperó mensualmente (a excepción de febrero por condiciones adversas), y se contaron las masas de huevos de calamar fijadas. Las masas de huevos se retiraban cada vez para evitar repeticiones. Cada DAP se recolocaba en la misma posición. Se registró la presencia/ausencia del falso percebe *Lepas anatifera* en cada DAP.

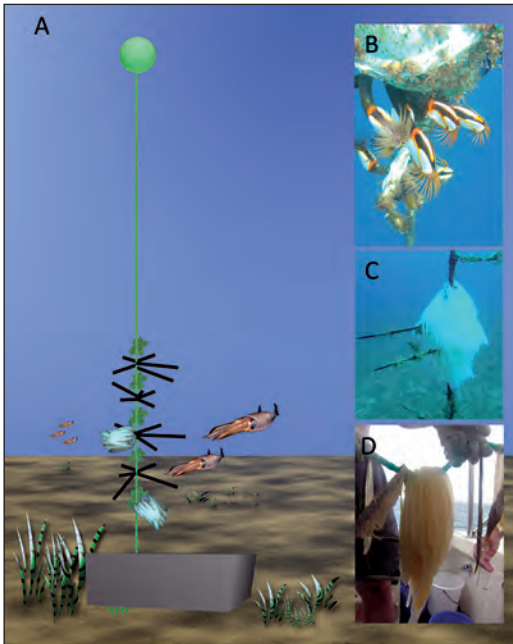


Fig. 5 Dispositivos Atractores de Puestas; DAPs para *L. vulgaris*. A) Dibujo esquemático de la estructura; B) Reclutamiento de *Lepas anatifera* en la boya del DAP. C) Masa de huevos adherida al cabo del DAP. D) Masa de huevos a bordo.

Análisis estadísticos para el calamar

Las variables predictivas fueron la profundidad (D) y el tipo de hábitat (HT), obtenidas del Proyecto LIFE a escala 5 m² (*Posidonia*-LIFE map). Los 24 hábitats bentónicos identificados se agruparon en tres categorías: 1) fondos arenosos (HTS); 2) lechos rocosos (HTR); y 3) y fondos cubiertos por fanerógamas (HTP) (Tabla 1). La temperatura superficial diaria del agua (SST en °C) se obtuvo de la página web *MyOcean*, con una resolución espacial de 1 km².

Las expresiones matemáticas, la explicación de las variables del modelo, y los paquetes y programas estadísticos se exponen en Cabanellas-Reboredo *et al.*, (2014).

Tabla 1. *Loligo vulgaris*. Reclasificación de los tipos de hábitats a partir de la caracterización realizada en el proyecto LIFE.

Habitat types	LIFE Project habitat classification
Sandy bottoms HTS	Fine sand, Coarse sand, Poorly calibrated sand, Coralligenous, Dispersed coralligenous, Coastal dendritic, Precoralligenous, Dispersed precoralligenous.
Rocky bottoms HTR	Dispersed sciaphilous community, Littoral rock sciaphilous community, Infralittoral rock photophilic community, Dispersed photophilic community, <i>Peyssonnelia</i> coastal detrital, <i>Vidalia</i> coastal detrital, Pebbles coastal detrital, Precoralligenous on hard bottom.
Phanerogams HTP	Dense <i>Cymodocea</i> , Dispersed <i>Cymodocea</i> , Isolated phanerogams, Phanerogams with batches, Continuous phanerogams, Degraded phanerogams, Rocky phanerogams, <i>Cymodocea-Caulerpa</i> grassland.

RESULTADOS

Octopus vulgaris en el PNIAG

Se realizaron 93 CEVEAs entre abril de 2012 y abril de 2014 (Apéndice I). Se hallaron 369 ejemplares entre 8 y 30 m de profundidad distribuidos por toda el área muestreada. Entre éstos, 21 individuos fueron hembras cuidando su puesta. Además, se identificaron 33 guaridas de desove. La temperatura donde se situaban éstas varió entre 12 °C y 17 °C. La probabilidad de presencia de masas de huevos durante el periodo primavera-verano fue significativamente mayor ($X^2= 13.33$; $p > 0.01$) que en otoño (Apéndice I). Los efectos estimados de los predictores y la desviación explicada por el modelo final GAM se muestran en la Tabla 2, y los resultados de los modelos de regresión univariante en la Tabla 3 y Fig. 6. Nuestros resultados indican que la variable presencia/ausencia de embarcaciones pescando con nasas estuvo significativamente relacionada con la presencia de hembras ovadas (datos no mostrados). Sin embargo, no se vio un efecto significativo cuando la presencia de guaridas de desove se consideró como una variable de respuesta (Tabla 3; «Creels Yes» p valor =

0.471). La presencia de guaridas de desove no estuvo significativamente relacionada con la estación del año (Tabla 3; Fig. 6). Considerando el valor nominal de 0,05, la presencia de guaridas de desove estuvo significativamente influida por la «Profundidad», la «Ubicación Espacial» (tensor producto de la longitud y latitud), y las variables «Zona» y «Tipo de sustrato del fondo». En el caso de usar un predictor con k niveles únicamente se muestran los resultados $k-1$ niveles. Ello por la parametrización del modelo con respecto a un grupo de referencia (en este caso «Zona Norte» y «Fondo blando»), donde la media del primer grupo se considera referente y las desviaciones de los grupos restantes están medidas respecto a ella. Los efectos estimados de los predictores se exponen en la Fig. 7 y Tabla 4. La variable «Profundidad» parece producir un aumento en la respuesta, más notables en el rango de 8-20 m. En relación con la «Ubicación espacial» la presencia de guaridas de desove mostró una notable preferencia por la Zona Norte. El ultimo efecto significativo estuvo relacionado con el «Tipo de sustrato del fondo», que mostró una predisposición de *O. vulgaris* para ubicar sus guaridas de desove en sustrato duro (Tabla 4).

Tabla 2. Efectos estimados (con intervalos de confianza al 95%) para cada variable incluida en el modelo final (Deviance explicada = 28.7%). edf: grados de libertad efectivos; s (): efecto suave; CI: intervalo de confianza; p-value: (***) <0.01, (*) <0.05, (+) <0.10.

Effects	edf	Coefficient (95% CI)	p-value
s(Depth)	1.837	—	0.0710 •
Zone Central	1.000	-1.104 (-2.298, 0.189)	0.0943 •
Zone South	1.000	-2.015 (-3.384, -0.645)	0.0039 **
Bottom substrate Hard	1.000	2.749 (0.604, 4.894)	0.0120 *

Los resultados muestran que el mejor modelo que identifica y caracteriza el HE de desove del pulpo incluyó la variable categórica «Zona» y las continuas «Tipo de sustrato del fondo» y «Profundidad», ello como un efec-

to suavizado. Las estimaciones —en escala de respuesta— obtenidas por este modelo se muestran en la Fig. 7. En conclusión, estos resultados demuestran que *O. vulgaris* tiene una notable preferencia para desovar en zonas

con sustrato duros y profundidad moderada (aproximadamente 20 m), características que se dan preferentemente en la cara interna y

en la zona norte de la isla de Monteagudo, entre Punta Escodelo y Punta Ferreiro (ver Fig. 1 y Tablas 3 and 4).

Tabla 3. *Octopus vulgaris*. Efectos estimados (con intervalos de confianza al 95%) para cada variable ajustando GAMs independientes entre cada variable y la ocurrencia de guaridas de *Octopus vulgaris*. edf: grados de libertad efectivos; s (): efecto suave; te (): producto tensorial; CI: intervalo de confianza; p-value: (**) <0.05, (*) <0.10.

Effects	edf	Coefficient (95% CI)	p-value
s(Surface)	3.155	—	0.216
s(Depth)	1.996	—	0.039 **
Temperature	1.000	0.087 (-0.190, 0.361)	0.532
te(Latitude, Longitude)	11.400	—	0.030 ***
Zone Central	1.000	-1.932 (-3.083, -0.880)	0.001 ***
Zone South	1.000	-2.216 (-3.622, -1.010)	0.001 ***
Creels Yes	1.000	0.359 (-0.642, 1.330)	0.471
Season Autumn-Winter	1.000	-0.102 (-0.985, 0.764)	0.818
Bottom substrate hard	1.000	-3.531 (1.488, Inf)	0.017 **

Tabla 4. *Octopus vulgaris*. Descriptivas para profundidad, temperatura, tipo de sustrato de fondo por Zona (Norte, Central y Sur). Se muestra la media y la desviación típica para las variables continuas. También se muestran las frecuencias relativas de las variables categóricas. N: tamaño muestral.

	North	Central	South
	N = 31	N = 36	N = 26
Depth	19.1 (4.92)	13.9 (5.01)	17.2 (5.63)
Temperature	14.1 (1.73)	13.8 (1.57)	13.8 (1.39)
Bottom substrate			
Soft	9.38%	36.10%	26.90%
Hard	90.60%	63.90%	73.10 %

Los 4 CEVEAs adicionales realizados en los fondos arenosos de la ensenada de Rodas (Fig. 8), entre 5 y 21 m de profundidad y durante el día, con un área total barrida de 13,75 ha, mostraron la existencia de HE para *O. vulgaris* de ejemplares pequeños (≤ 1000 g), y dieron información precisa sobre las características de las madrigueras de esos juveniles, así como sobre la influencia de la

profundidad y disponibilidad de alimento sobre su distribución y densidad (más detalle en GUERRA *et al.* 2014). En el transcurso de los muestreos se filmaron, por primera vez en la naturaleza, tres casos de canibalismo en esta especie (HERNÁNDEZ-URCERA *et al.* 2014).

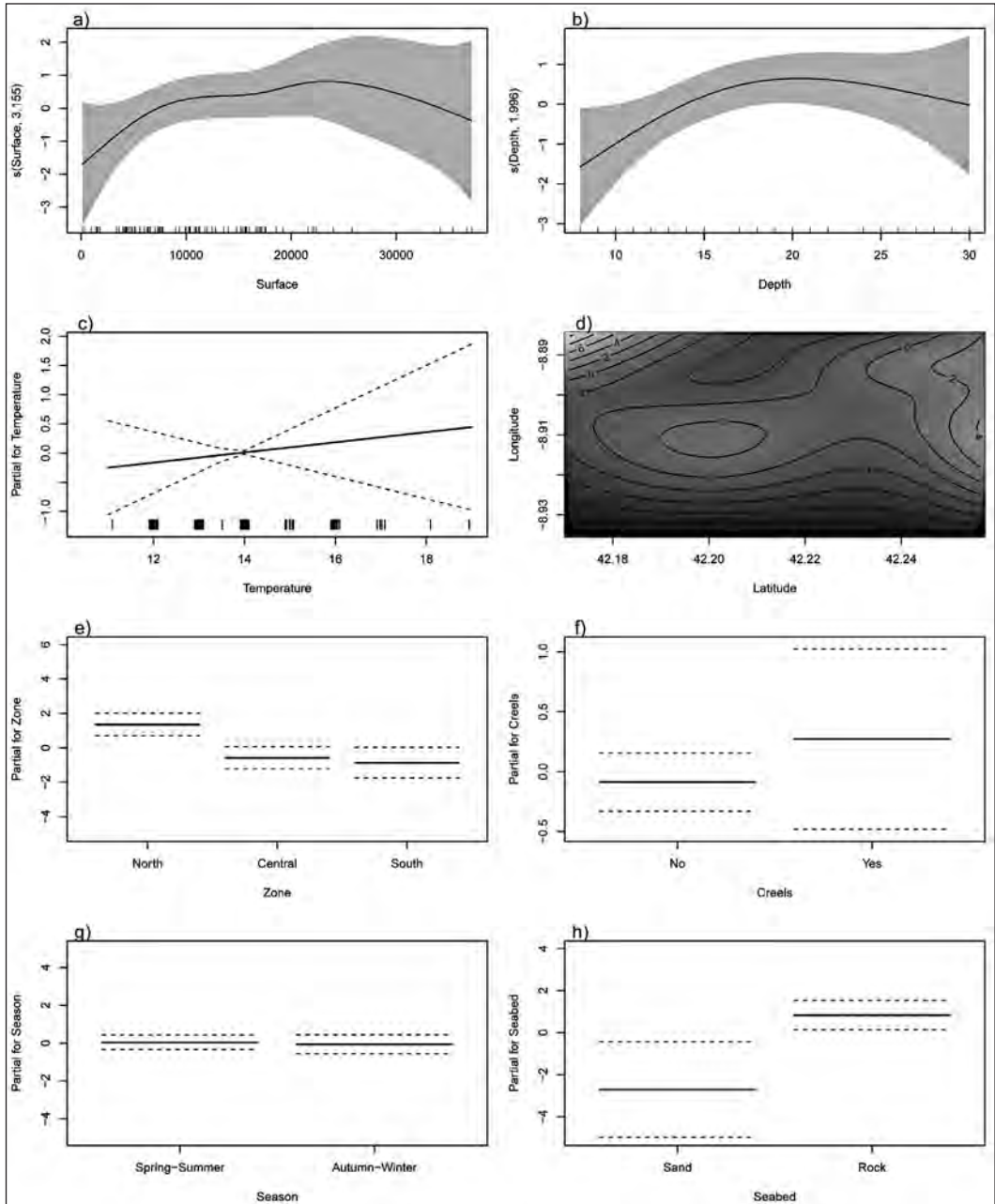


Fig. 6. Efectos estimados (líneas sólidas) de las covariables en la presencia de guaridas de desove de *Octopus vulgaris*. Se muestran los resultados sobre la escala de predictor lineal. GAMs independientes para: Área barrida (a), Profundidad (b), Temperatura (c), localización espacial (tensor producto de la latitud y la longitud) (d); Zona (e), Nasas (f); Estación (g) y Tipo de sustrato del fondo (h). El área sombreada en (a) y (b) indica el 95% de confianza bayesiana, y el número en paréntesis son los grados de libertad estimados. Las líneas de puntos indican el intervalo de confianza al 95% para los efectos parciales.

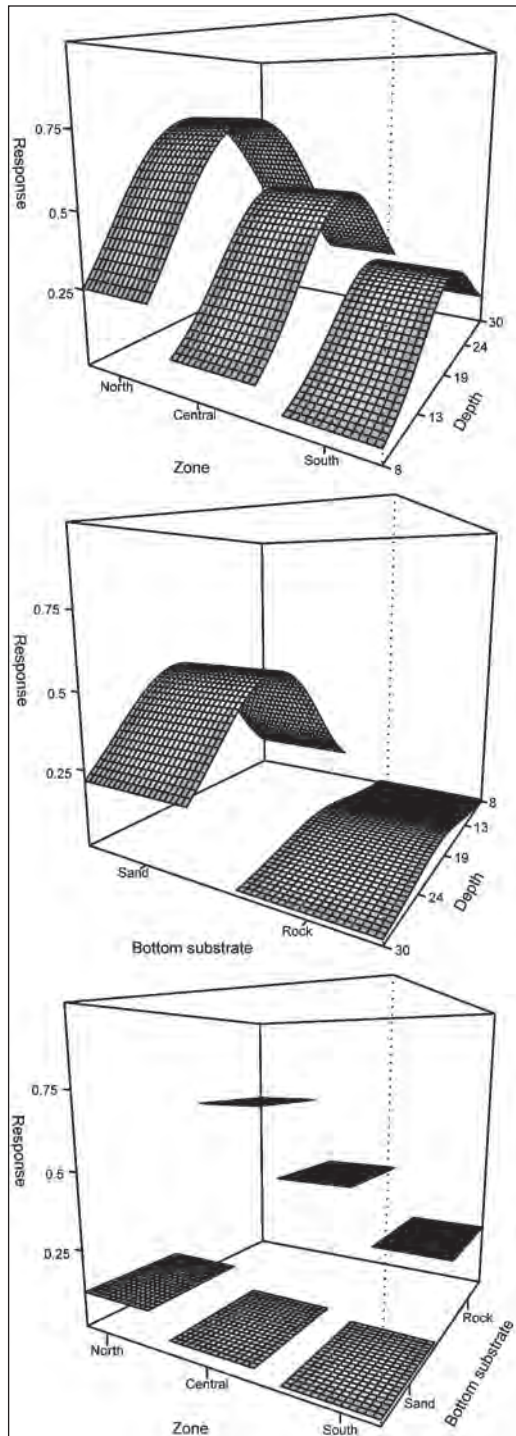


Fig. 8. A y B: Enseda de Rodas en el Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia. C: Típica guarida de *Octopus vulgaris* en un lecho arenoso.

Fig. 7. Estimaciones de probabilidad de presencia de guaridas de desove de *Octopus vulgaris* obtenidas con el modelo final con Zona, Tipo de sustrato de fondo y Profundidad como predictores.

Sepia officinalis en el PNIAG

Se realizaron 94 CEVEAs aleatorios entre el 30 de abril de 2012 y el 17 de julio de 2013 (Apéndice II, Fig. 9). Los resultados de los modelos univariantes se muestran en la Tabla 5 y Fig. 10). El tipo de sustrato del fondo, la profundidad y la ubicación espacial tuvieron un efecto significativo en la presencia/ausencia de masas de huevos de la especie. Las conclusiones fueron las siguientes: 1^a) la probabilidad de hallar huevos de sepia fue mayor en sustratos de fondo cubiertos con gorgonias y poliquetos tubícolas, cuyas especies más abundantes se listan en la Tabla 6; 2^a) El rango de profundidad preferente varió entre 8 y 13 m, aunque ocasionalmente se encontraron huevos a 25 m; 3^a) la temperatura óptima varió entre 12,5 °C y 14,75 °C, y un aumento de la temperatura resultó en un descenso de la variable respuesta; 4^a) la probabilidad de hallar huevos de esta especie fue mayor en invierno, específicamente desde diciembre hasta abril; 5^a) se observó un claro efecto de la localización espacial (tensor producto de la latitud y la longitud) en la presencia de huevos. En esta primera fase de muestreo identificaron dos HEs de desove ubicados en la isla central de Cíes, y, más concretamente, en el Bajo de Viños y la Piedra del Borrón (Fig. 9).

El modelo estadístico final (incorporando el efecto combinado de varios predictores) mostró que el hábitat de desove de *S. officinalis* se predice mejor usando las variables categóricas «Tipo de sustrato del fondo» y «Estación», así como con la variable continua «Temperatura» (como un efecto lineal). Los efectos estimados de cada variable incluida en el modelo (junto con sus intervalos de confianza al 95%) se muestran en la Tabla 7. La Fig. 11 ilustra los efectos parciales de cada una de dichas variables. Como se vio en el análisis univariante hubo un efecto notable del tipo de sustrato de fondo sobre la presencia/ausencia de huevos depositados por la especie, con una clara preferencia por el tipo de sustrato 2. También fue claro el efecto de la «Temperatura», pues la

presencia de masas de huevos disminuyó a medida que la temperatura aumentó. Asimismo, se encontró que el rendimiento en el verano fue significativamente diferente (negativo) del de las estaciones frías. Finalmente, la Fig. 12 muestra las estimaciones, en la escala de respuesta, obtenidas a partir del modelo final. El patrón obtenido indica que para las temperaturas más altas (p. ej. 17,5 °C) hubo una baja probabilidad de encontrar huevos independientemente de la estación anual (Fig. 12A). Sin embargo, a temperaturas inferiores a 15 °C la probabilidad de encontrar huevos a cada temperatura dada estuvo relacionada con la estación anual (mayor probabilidad en invierno y primavera y menor en verano). Por otra parte, la probabilidad de encontrar huevos fue siempre mayor en lechos duros con gorgonias y poliquetos (tipo 2) que en lechos de los tipos 1,3 y 4, y siempre el valor más bajo correspondió al tipo de fondo 4, independientemente de la temperatura. En definitiva, estos resultados muestran que *S. officinalis* tiene una alta preferencia por desovar en invierno-primavera, a temperaturas inferiores a 15°C y en fondos del tipo 2. Además, pequeños incrementos en la temperatura (2,25 °C; 12,5 en diciembre a 14,75 °C en junio) en los HEs identificados produjeron una disminución de la probabilidad de hallar huevos en cualquier estación del año, siendo la probabilidad más alta durante el invierno y la primavera. En consecuencia, las variaciones estacionales de la temperatura parecen tener un efecto significativo en el desove. Sin embargo, debido a la escasez de datos no fue posible determinar qué estación anual tenía la mayor probabilidad ($p = 0.854$; Tabla 7).

El apéndice III muestra los datos para los 18 CEVEAs no aleatorios realizados entre el 10 de diciembre de 2014 y el 20 de agosto de 2015 en las dos HEs de desove, cuya superficie total es de 5,37 ha y 2.05 ha, respectivamente. La época de freza de *S. officinalis* en las Cíes se extiende desde comienzos de diciembre hasta finales de junio (Tabla 8), cuando la temperatura del fondo varió entre 12,50 °C y 14,75 °C.

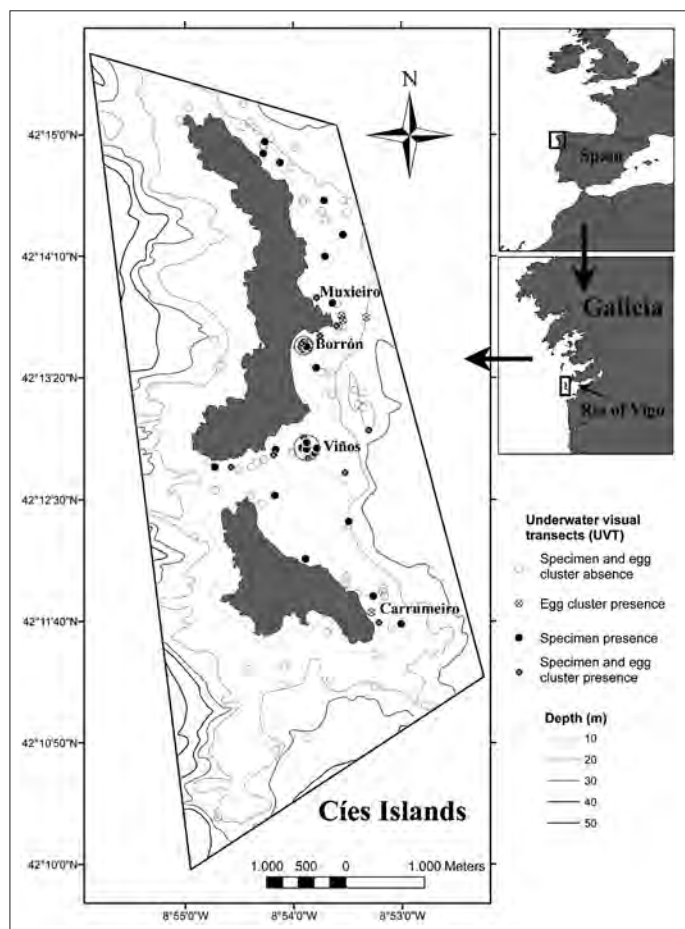


Fig. 9. *Sepia officinalis*. Mapa de las islas Cíes donde se muestran los censos visuales realizados, la abundancia (en términos de presencia/ausencia) de masas de huevos, y los hábitat esenciales para el desove (áreas en rojo).

Tabla 5. Efectos estimados (con intervalos de confianza al 95%) para cada variable ajustando Los GAMs independientes o GMLs entre cada variable y la presencia de masas de huevos de *Sepia officinalis*; edf: grados de libertad efectivos; te (): producto tensorial; CL: intervalo de confianza; p-valor: (***) <0.05.

Effects	edf	Coefficient (95% CI)	p-value
Bottom substrate type 1	1.000	-3.400 (-6.861, -1.686)	0.001 **
Bottom substrate type 3	1.000	-3.099 (-5.430, -1.584)	0.001 **
Bottom substrate type 4	1.000	-4.780 (-Inf, -2.522)	0.002 **
Depth	1.000	-0.156 (-0.311, -0.034)	0.024 **
Temperature	1.000	-1.056 (-1.837, -0.450)	0.003 **
Season: Fall	1.000	-2.241 (-4.475, -0.737)	0.008 **
Season: Spring	1.000	-1.653 (-3.292, -0.310)	0.022 **
Season: Summer	1.000	-3.970 (-Inf, 1.728)	0.010 **
te(Latitude, Longitude)	3.76	—	0.034 **

Tabla 6. Especies de gorgonias, poliquetos tubícolas y algas a los que se fijaron las masas de huevos de *Sepia officinalis* en el Bajo de Viños Borrón y la Piedra del Borrón en las islas Cies.

	Species
Sea fans (Gorgoniidae)	<i>Leptogorgia sarmentosa</i> (Esper, 1789)
	<i>Corynactis viridis</i> Allman, 1846
	<i>Gymnangium montagui</i> (Billard, 1912)
	<i>Eunicella verrucosa</i> (Pallas, 1766)
	<i>Nemertesia antennina</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Aglaophenia tubulifera</i> (Hincks, 1861)
	<i>A. pluma</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Calliactis parasítica</i> (Couch, 1842)
	<i>Eunicella verrucosa</i> (Pallas, 1766)
	<i>Kirchenpaueria pinnata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Alcyonum digitatum</i> Linnaeus, 1758
Tube worms (Polychaeta)	<i>Sabella spalanzanii</i> (Gmelin, 1791)
	<i>Bispira volutacornis</i> (Montagu, 1804)
	<i>Serpula vermicularis</i> Linnaeus, 1758
Algae	<i>Cystoseira</i> spp (baccata, tamariscifolia and usneoides)
	<i>Laminaria ochroleuca</i>
	<i>Saccorhiza polyschides</i>
	<i>Distyota dichotoma</i>
	<i>Dictyopteris polypodioides</i>
	<i>Halydris siliquosa</i>
	<i>Codium tomentosum</i>
	<i>Halimena</i> cf. <i>latifolia</i>
<i>Scinaia furcellata</i>	

Tabla 7. *Sepia officinalis*. Efectos estimados (con intervalos de confianza al 95%) para cada variable incluida en el modelo GLM final. CI: intervalo de confianza; p-valor: (**) <0.05, (*) <0.1

Effects	edf	Coefficient (95% CI)	p-value
Bottom substrate type 1	1.000	-3.200 (-9.001, -0.839)	0.016 **
Bottom substrate type 3	1.000	-2.524 (-6.923, -0.546)	0.020 **
Bottom substrate type 4	1.000	-5.356 (-Inf, -2.769)	0.001 **
Temperature	1.000	-0.786 (-2.743, -0.097)	0.042 **
Season: Fall	1.000	-1.345 (-5.979, 2.048)	0.325
Season: Spring	1.000	0.221 (-2.297, 4.114)	0.854
Season: Summer	1.000	-3.273 (-Inf, 0.387)	0.067

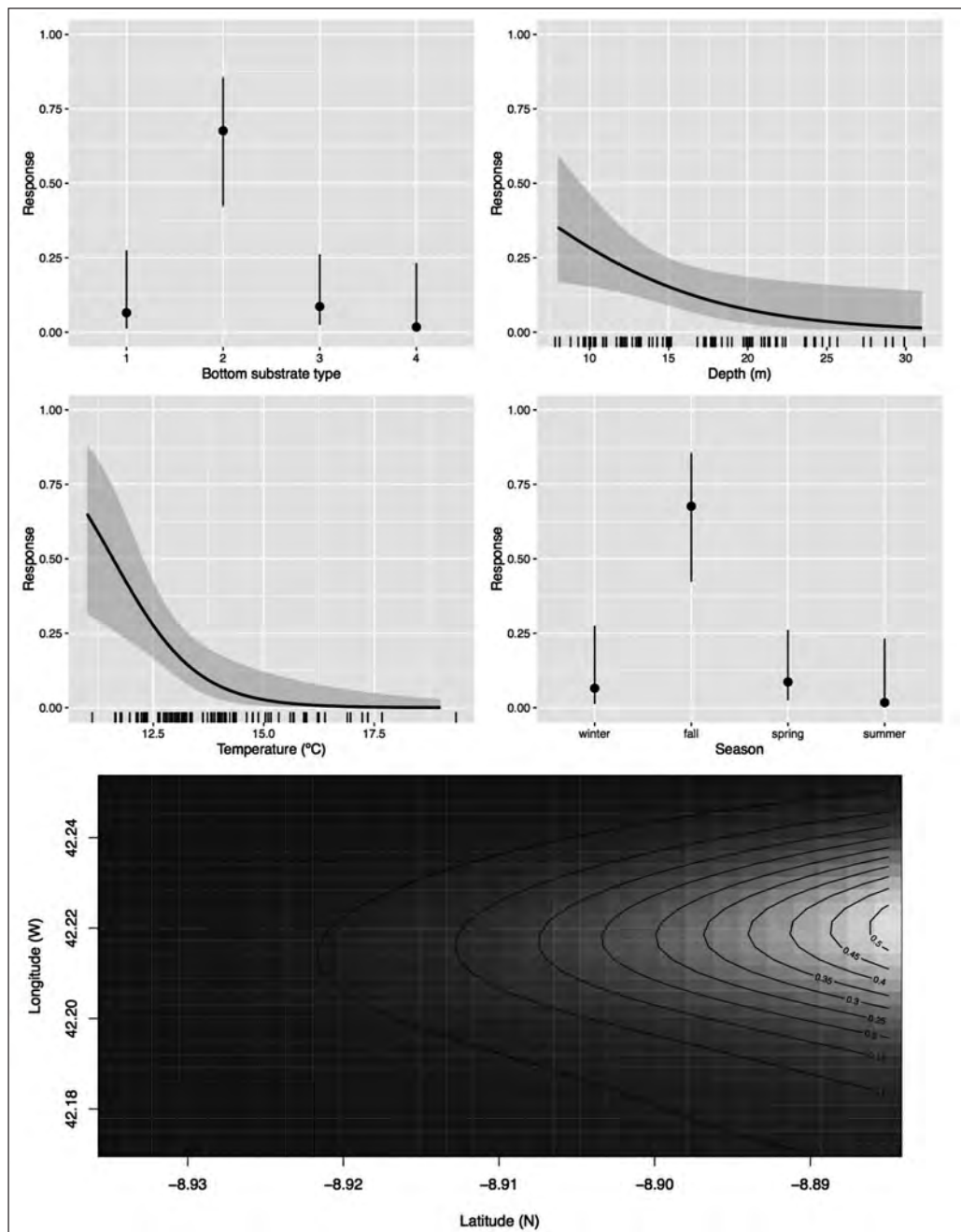


Fig. 10. Estimaciones de probabilidad de presencia de masas de huevos de *Sepia officinalis* obtenidas con modelos univariantes para el tipo de sustrato de fondo (arriba a la izquierda), profundidad (arriba a la derecha), temperatura (centro izquierda), estación (centro derecha) y la ubicación espacial como producto tensor de la latitud y la longitud (fondo). El área sombreada y las barras indican el intervalo de confianza al 95%.

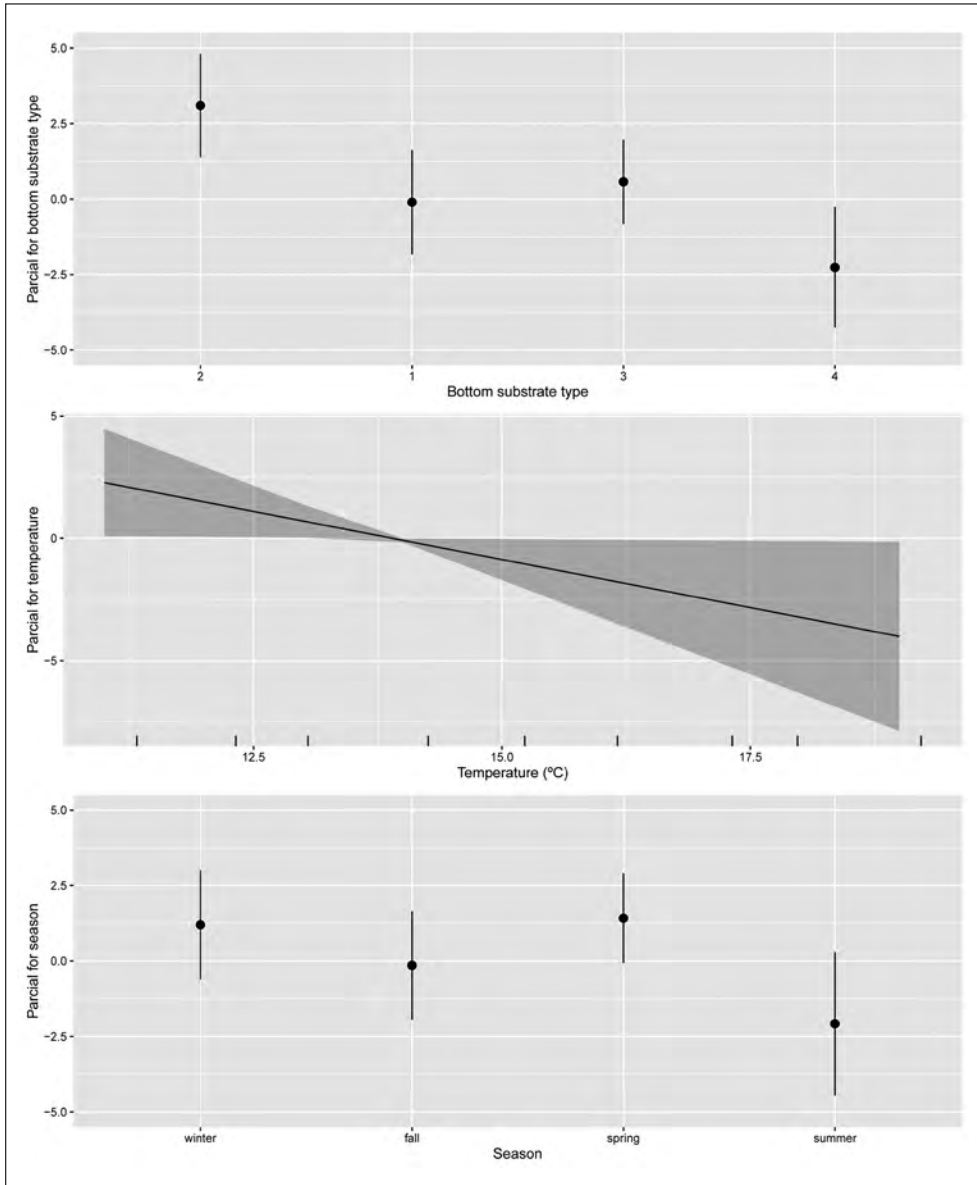


Fig. 11. Efecto parcial de las covariables en la presencia de masas de huevos de *Sepia officinalis* obtenidas con el modelo final. El área sombreada y las barras indican el intervalo de confianza al 95% para los efectos parciales.

La Fig. 13 muestra el número de masas de huevos de sepia en relación con el tipo de sustrato del fondo que hubo en cada uno de los dos cuadradas de 0,04 ha muestreados en Vinos y el Borrón. El total de masas de huevos presentes

fue de 93 (72% en Viños y el 28% en el Borrón). En la primera de estas zonas, el número de huevos individuales por masa de los mismos varió entre 4 y 82, mientras que en la segunda osciló entre 6 y 74 (Tabla 8 y Fig. 13).

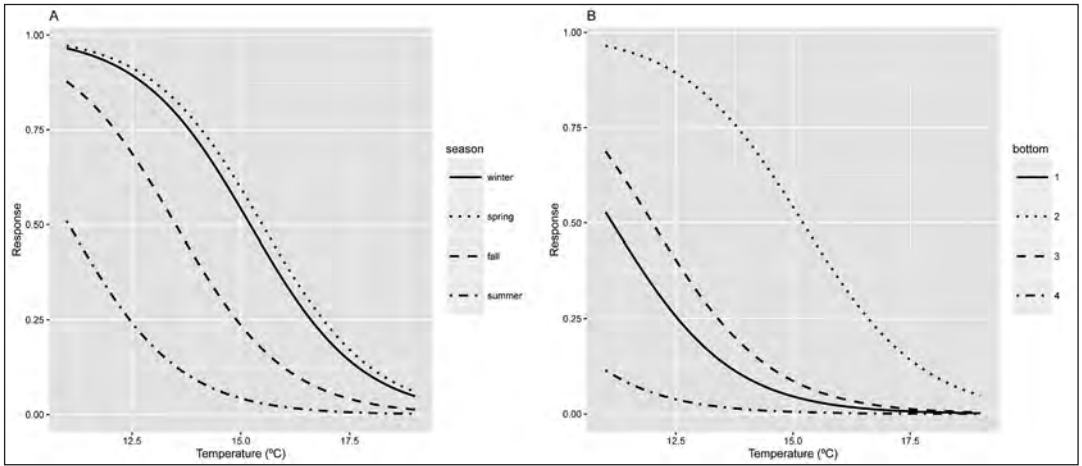


Fig. 12. Estimaciones de probabilidad de presencia de masas de huevos de *Sepia officinalis* obtenidas con el modelo final con el tipo de sustrato de fondo, temperatura y estación como predictores. (A) estimas en función de la temperatura y la estación con el tipo de sustrato de fondo fijado en 2; B) estimaciones en función de la temperatura y el tipo de sustrato de fondo con la estación fijada en invierno.

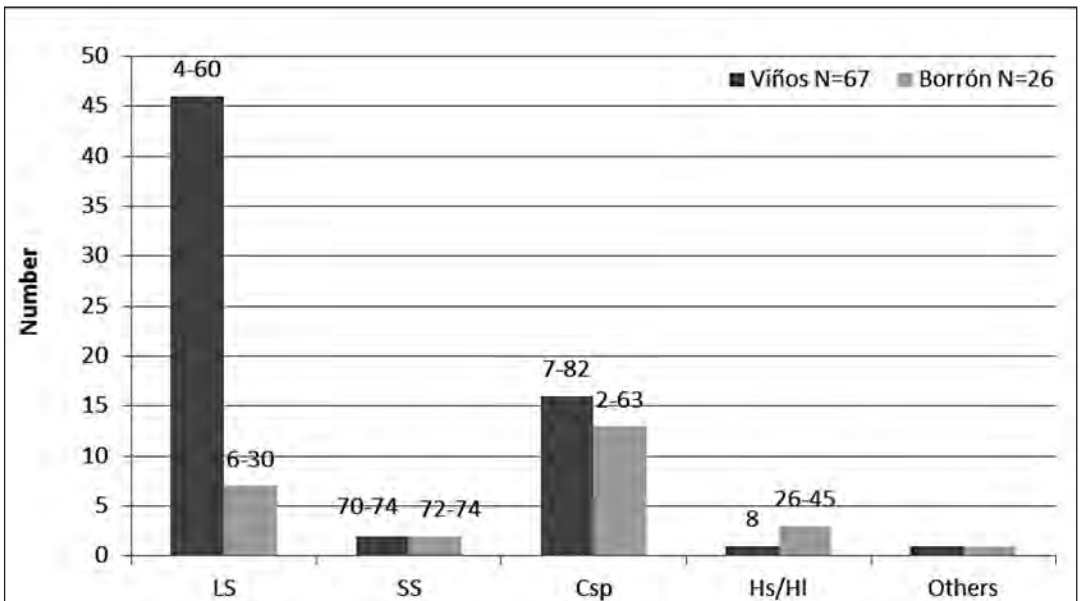


Fig. 13. Número de masas de huevos de *Sepia officinalis* por tipo de estructura: LS: *Leptogorgia sarmentosa*; SS: *Sabella spallanzani*; Csp: *Cystoseira* spp.; Hs/HI: *Halydris siliculosus*/*Halimena* cf. *latifolia*. Otros: dentro de una nasa y en el cable de una boya. El mínimo y máximo del número de huevos por tipo de estructura se indica encima del histograma, en «otros» este tipo de datos se desconoce.

Tabla 8. Estructuras naturales adonde se fijaron las masas de huevos de *Sepia officinalis* en las islas Cies. NEC: número de masas de huevos; ENC: número de huevos por masa (ver Fig. 9 para la localización de los lugares).

VCN	Date (d/m/y)	Site	Structure	NEC (ENC)
1	30/03/2012	Bajo de Viños	Inside an old creel	1
38	17/01/2013	Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i> + <i>Sabella spallanzani</i>	2
41	04/02/2013	Cantareira, North of Muxieiro	<i>Leptogorgia sarmentosa</i> + <i>Sabella spallanzani</i>	2
43	28/02/2013	Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	4
44	27/03/2013	Muxieiro	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2
78	05/12/2013	Los Ciegos-West of the Borrón	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2
79	05/12/2013	Freu da Porta- West of Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
82	19/02/2014	Muxieiro	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
83	19/02/2014	Piedra del Borrón	<i>Sabella spallanzani</i>	2
84	07/03/2014	Carrumeiro	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
86	12/03/2014	Xesteira, South of Carrumeiro	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
88	20/03/2014	Freu da Porta- West of Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
90	10/04/2014	Cantareira North of Muxieiro	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
96	21/12/2014	Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	1
98	26/01/2015	Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
99	26/01/2015	Piedra del Borrón	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1
100	10/02/2015	Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (12)
101	10/02/2015	Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (11)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (60)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	4 (18,20,9,55)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (45)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (40)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2 (20,20)

102/103	12/03/2015	Bajo de Viños	<i>Halydris silicuosa</i>	1 (8)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (82)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (60)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (20)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (40)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (6)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (15)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (20)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (4)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (10)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (12)
	12/03/2015	Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	5 (20,40,60,60,20)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2 (25,15)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	2 (25,12)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	3 (7,46,20)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (30)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	2 (60,10)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	2 (30,14)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (13)
		Bajo de Viños	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (45)
		Bajo de Viños	<i>Sabella spallanzani</i>	1 (74)
104	08/04/2015	Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (25)
		Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	3 (2,30,15)
		Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (40)
		Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	2 (20,15)
		Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	2 (30,15)
		Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	2 (60,20)
		Piedra del Borrón	<i>Cystoseira</i> spp.	1 (40)
		Piedra del Borrón	<i>Halimena cf. latifolia</i>	3 (40,45,26)
105	08/04/2015	Piedra del Borrón	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (30)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2 (14)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	4 (12,15,20,20)
		Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	4 (10,8,15,20)
108	25/04/2015	Piedra del Borrón	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1 (6)
110	25/05/2015	Piedra del Borrón	Cabo del boyarín	1
111	11/06/2015	Bajo de Viños	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2
112	11/06/2015	Piedra del Borrón	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2
113	28/07/2015	Piedra del Borrón	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	2

Loligo vulgaris en el PNIAG

Durante todo el periodo de muestreo solo se localizaron 5 puestas en los CVEAs. Los DAPs fueron totalmente ineficaces para atraer hembras ovadas.

Octopus vulgaris y Sepia officinalis en el PNC

No se encontraron puestas de pulpo ni de sepia ni con CEVEAs ni con DAPs. Ambas especies están presentes en el Parque, pero, actualmente, en muy bajas densidades a profundidades <50 metros. A partir de entrevistas con pescadores y datos de lonja, se concluyó que el pulpo es relativamente abundante en fondos de cascajo y maërl a profundidades >50 m. En los muestreos con DAPs se tuvo presencia ocasional de juveniles de pulpo (N=25) en los lastres, con un rango de longitud dorsal del manto (LM) comprendido entre 5 y 13,5 cm. Las capturas ocasionales fueron más frecuentes en julio (N=7). Ocasionalmente también se observaron ejemplares de sepia (6-12 cm de LM).

Loligo vulgaris en el PNC

Se registraron masas de huevos en los DAPs todo el año, pero con un máximo en primavera, y una disminución gradual posterior (Fig. 14). El menor número de masas de huevos se registró entre octubre y enero. Por tanto, la actividad de desove de *L. vulgaris* parece extenderse durante todo el año. Se registró un total de 242 masas de huevos, el 72% adheridas a DAPs ubicados en fondos arenosos (Figs. 14 y 15). Los DAPs localizados sobre lecho rocoso registraron el 23,5%, y los de fondos de fanerógamas el 4,2%. Solo se registraron masas de huevos entre 18 y 50 m de profundidad.

Los valores estimados para los parámetros del modelo estadístico se resumen en la Tabla 9. Estos resultados muestran el efecto del tipo de hábitat en las preferencias de desove de *L. vulgaris*: los DAPs situados en fondos arenosos se seleccionaron positivamente respecto a los rocosos (Tabla 9). El número esperado de desoves en fondos de fanerógamas fue inferior que en los dos precedentes (efecto incluido en la media general β_0 en

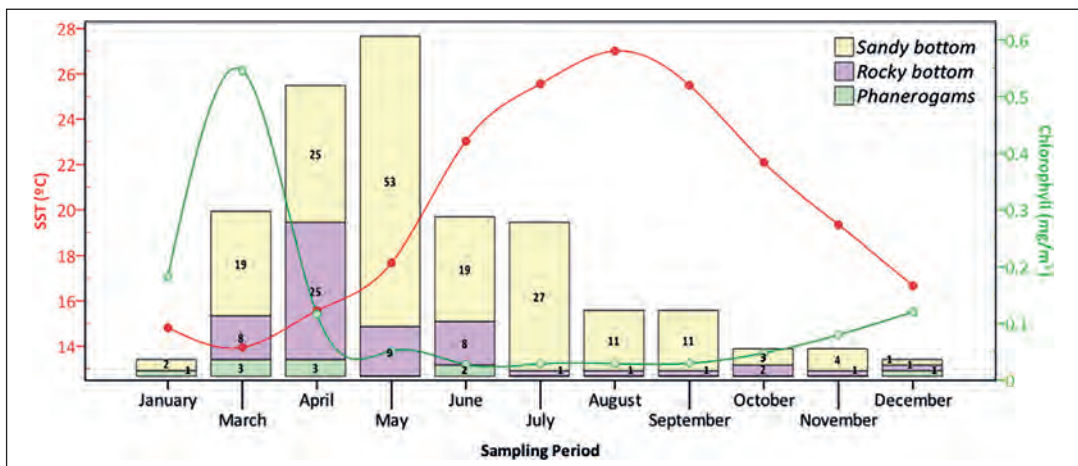


Fig. 14. Actividad de desove *Loligo vulgaris* (número mensual acumulado de masas de huevos) relacionados con el hábitat bentónico (colores de las barras), la temperatura superficial del mar (SSC, línea roja) y la clorofila superficial (SSC, línea de color negro). Nótese la ausencia de febrero debido a problemas logísticos durante el muestreo. hábitat bentónico (colores de las barras), la temperatura superficial del mar (SSC, línea roja) y la clorofila superficial (SSC, línea de color negro). Nótese la ausencia de febrero debido a problemas logísticos durante el muestreo.

la Tabla 9). Referente a la profundidad, el número de masas de huevo previstas aumentó en DAPs más profundos. La SST por sí sola no tuvo un efecto relevante sobre las preferencias de desove del calamar (IC del 95% incluido cero; Tabla 2). Sin embargo, la interacción SST-profundidad sugiere un efecto relevante (Tabla 9). Durante los meses en los que se registran las temperaturas más elevadas (p. ej. septiembre), las masas de huevos aparecieron en DAPs ubicados en las aguas más profundas (40-50 m; Fig. 16). Por el contrario, durante la estación fría (p. ej. febrero) las masas de huevos también aparecieron en aguas más someras (18-39 m de profundidad; Figs. 16).

Se halló una relación significativa entre la presencia/ausencia de *L. anatifera* y la profundidad y el tipo de hábitat. *L. anatifera* tendió a ser más frecuente en los DAPs más profundos y ubicados sobre fondos arenosos (valor resultante de GLM $p < 0,05$). El patrón temporal de la SSC mostró un claro pico al final del invierno (valores máximos en marzo), pero se mantuvo en niveles bajos durante el resto del año (Fig. 14).

DISCUSIÓN

Metodología

La aplicación de GAMs para definir HEs se había probado con éxito en otras especies de cefalópodos (SMITH *et al.* 2013; SÁNCHEZ *et al.* 2008; MORENO *et al.* 2014). Esos trabajos mostraron que las predicciones basadas en este tipo de modelos son útiles para ayudar a los gestores a proteger el desove, alevinaje y/o zonas de pesca, pero tienen el inconveniente de atraer a los pescadores.

La decisión de utilizar la variable «guardias de desove» en lugar de «presencia de masas de huevos» en los modelos estadísticos aplicados al pulpo se tomó para evitar un efecto estacional, y evitó importantes sesgos.

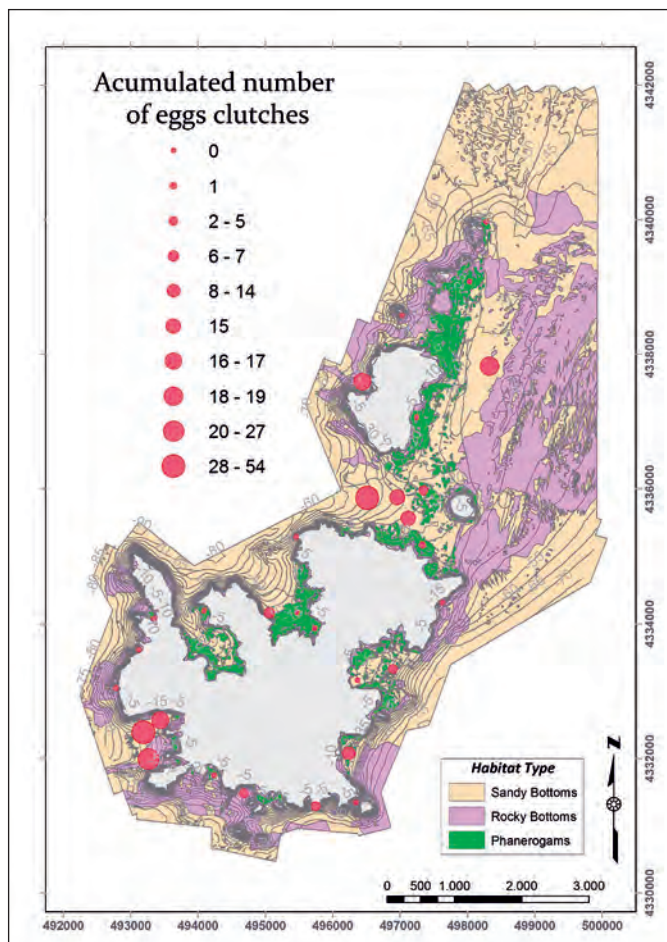


Fig. 15. *Loligo vulgaris*. Distribución espacial del número acumulado de masas de huevos por dispositivo atractor de puesta (DAP).

Tabla 9. *Loligo vulgaris*. Resumen de los estadísticos para las distribuciones posterior de los efectos fijos y aleatorios. Los efectos fijos relevantes están señalados en gris.

	Parameters	Description	Mean	SD	Bayesian Credibility Intervals		
					2.5%	Median	97.5%
Fixed factors	π	False zero parameters	0.281	0.078	0.135	0.278	0.434
	β_0	Grand mean	-2.445	0.609	-3.800	-2.390	-1.355
	HTS	Habitat type sandy	1.772	0.388	1.056	1.747	2.605
	HTR	Habitat type rocky	1.016	0.403	0.271	0.989	1.883
	D	Depth	-0.076	0.008	-0.093	-0.076	-0.060
	SST	Sea Surface Temperature	-0.126	0.099	-0.321	-0.126	0.056
	D*SST	Interaction Depth*Sea Surface Temperature	-0.007	0.002	-0.011	-0.007	-0.004
Random	α_y	Month effect	1.331	0.475	0.739	1.242	2.445

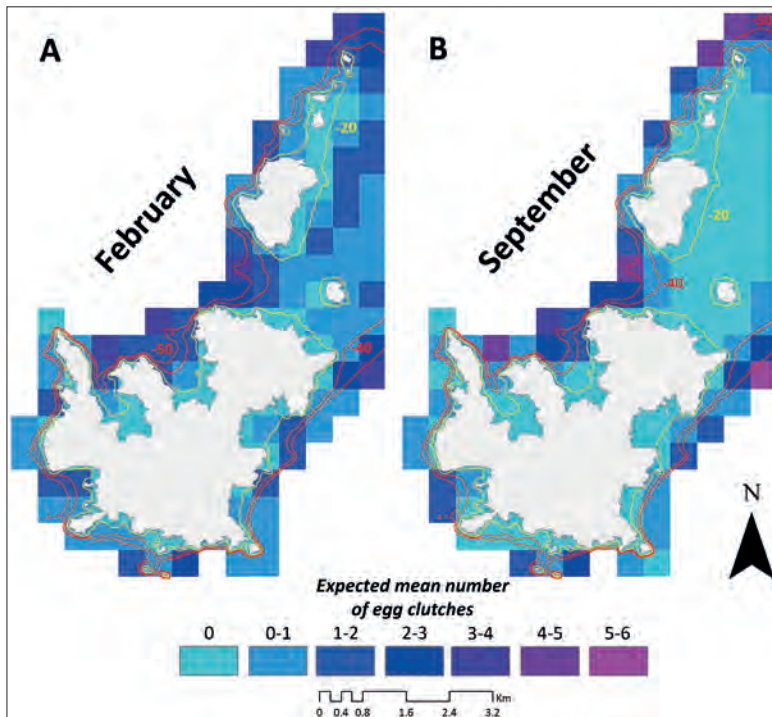


Fig. 16. Mapa predictivo del número de puestas realizadas por *Loligo vulgaris* en un mes frío (A) y un mes cálido (B). Las isóbatas de 40 y 50 m se representan con líneas rojas. La isóbata de 20 m se representa con una línea amarilla.

La clasificación de los sustratos en blandos y duros para *O. vulgaris*, y dentro de ellos en otras dos categorías adicionales para *S. officinalis*, demostró ser útil para evidenciar el comportamiento selectivo de hábitats de ambas especies en aguas relativamente poco profundas y diferentes etapas de su ciclo vital. Los sustratos blandos son especialmente idóneos para pulpos y sepias pequeños e inmaduros (cfr. GUERRA et al. 2014; GUERRA et al. 2016), mientras que los sustratos de fondo duro son especialmente idóneos para el desove de las hembras y la presencia de machos adultos maduros (HANLON & MESSENGER 1996; GUERRA et al. 2015b; GUERRA et al. 2016).

Hábitats esenciales

La selección de hábitat para desovar por *O. vulgaris* en el PNIAG coincide con lo conocido para una especie similar (*O. insularis*) en su hábitat natural (LEITE et al. 2009), así como para *O. vulgaris* en confinamiento (BOLETZKY 2004).

La selección de HE para el desove en *S. officinalis* coincide con lo observado en relación a la profundidad, temperatura y salinidad tanto en la naturaleza como en tanques de cultivo (GUERRA 2006). Asimismo, coincide en lo referente a la preferencia de fondos relativamente duros con presencia de gorgonias y poliquetos tubícolas (BLOOR et al. 2013). La estimación promedio de la probabilidad demostró también una segunda preferencia por lechos duros cubiertos por vegetación. Sin embargo, no hubo evidencia estadística a este respecto.

En este trabajo, se ofrece por primera vez una descripción de la pauta espacio-temporal del desove del calamar en DAPs. Sin embargo, las pautas observadas podrían estar sesgadas en relación con las naturales. Ello debido a cuatro hipótesis posibles: 1ª) que la posibilidad de desove en un DAP fuese similar a la de un sustrato

natural, pero que las masas de huevos no fuesen visibles para los buceadores; 2ª) que los desoves que deberían ocurrir en una amplia zona alrededor de un DAP se circunscriban al DAP (efecto sumidero); 3ª) que la intensidad del efecto sumidero dependiese del hábitat o la estación anual, lo que induciría sesgo; y 4ª) que el desove fuese inducido por la mera presencia del DAP, incluso en hábitat o temporada inadecuados.

Las evidencias disponibles son escasas y siempre referidas a peces. Así, la abundancia de huevos de *Perca fluviatilis* contados por los buceadores en sustratos naturales y artificiales están correlacionadas (GILLET et al. 2013), lo que iría en contra de la tercera y cuarta hipótesis. Por otra parte, los peces varían su comportamiento para desovar y pasan de sustratos naturales a artificiales inmediatamente con la implementación de DAPs (efecto sumidero), o el número de huevos pueden permanecer similar (HICKFORD & SCHIEL 2013). Tanto la primera como la segunda hipótesis no invalidan los patrones hallados, ya que la abundancia de desoves en los DAPs serían estimaciones relativas de la abundancia de huevos en condiciones naturales. Sin embargo, la interpretación de los patrones hallados debe hacerse con precaución mientras que la tercera y cuarta hipótesis no sean rechazadas. Mientras tanto, como el calamar es un recurso muy explotado, y no hay datos siempre disponibles, se debería adoptar una aproximación precautoria, y la pauta espacio-temporal mostradas por los DAPs considerarse como un punto de partida valioso para identificar y caracterizar el HE de desove de *L. vulgaris*.

Época de puesta

Nuestros resultados mostraron una mayor probabilidad de presencia de masas de huevos de *O. vulgaris* durante la primavera y el verano que en otoño-invierno. Estos resultados coinciden con la estrategia reproductora de esta especie en

Galicia (OTERO et al. 2007). Esta época de freza es una estrategia para optimizar la supervivencia de la progenie, puesto que asegura una presencia elevada de paralarvas a finales del verano y en los meses de otoño, durante el estado temprano de relajación del afloramiento costero de Galicia (OTERO et al. 2009; ROURA et al. 2016), que es la época de mayor abundancia de presas de las larvas de pulpo (ROURA et al. 2012).

Por otra parte, los principales eventos reproductores de esta especie, determinados por primer vez en la naturaleza (GARCI et al. 2015), coinciden con los observados en esta especie en áreas geográficas similares (MANGOLD 1983).

La duración de la época de freza de *S. officinalis* varía según el rango de su distribución geográfica, con la temperatura actuando como el principal factor regulador (GUERRA 2006). La duración de la época de puesta de esta especie en el NW de España es más extensa que el observado en aguas más frías (BOLETZKY 1983).

El comportamiento de desove de *S. officinalis* en Viños y el Borrón indican que *S. officinalis* puede catalogarse como un «frezante intermitente» sensu ROCHA et al. (2001).

La escasez de puestas de *L. vulgaris* en el PNIAG y la reducción de las capturas de esta especie en los últimos años se ha relacionado con la disminución de la intensidad de i) vientos del sur de octubre dos años antes de marzo del año anterior a las capturas; y ii) vientos del norte de abril a septiembre del año anterior a las capturas. Ambos factores influyen en la pujanza del afloramiento estacional en el área. Por lo tanto, aunque no se pueda descartar un efecto negativo debido a la sobreexplotación, los resultados obtenidos indican que las condiciones atmosférico-oceánicas han jugado un papel importante en la reducción de las capturas, ejerciendo su influencia sobre las paralarvas y los juveniles de la especie, que deberían reclutarse como adul-

tos un año más tarde (Comesaña et al. en preparación).

Una de las pautas que *L. vulgaris* mostró en el PNC sugirió la existencia de migraciones de desove entre aguas profundas y el litoral, lo que concuerda con lo observado anteriormente (SÁNCHEZ & GUERRA, 1994; VALAVANIS et al. 2002; CABANELLAS-REBOREDO et al. 2012a). Además, hay una evidencia adicional que emerge del patrón espacio-temporal del esfuerzo pesquero de la pesquería recreativa de potera del calamar (CABANELLAS-REBOREDO et al. 2014). La existencia de migraciones de desove se ha propuesto para otras especies de loliginidos; por ejemplo en *L. reynaudii* de Sudáfrica (ROBERTS 1998).

Gestión pesquera

Teniendo en cuenta el HE para el desove de *O. vulgaris*, consideramos nuestros resultados como un primer paso, pero relevante, para gestionar este recurso de forma sostenible. Una zona totalmente protegida de explotación dentro del PNIAG no solo garantizaría la presencia de hembras ovadas, y, por ende, la salud del stock de reproductores, sino, además, un área de alta productividad y biodiversidad marina (GUERRA 2015). Esta zona tiene tres características interesantes: (1ª) su superficie total es relativamente pequeña (158 ha, equivalente al 6% de la superficie marina total del archipiélago de Cíes); 2ª) está claramente definida; y 3ª) podría ser bien señalizada y su vigilancia no sería excesivamente gravosa.

Aunque *O. vulgaris* tiene una etapa planctónica muy dispersiva y relacionada con el evento de afloramiento estacional (OTERO et al. 2009; ROURA 2013), el asentamiento de pequeños pulpos ocurre en fondos blandos dentro del PNIAG (GUERRA et al. 2014), y también en zonas adyacentes entre 8 y 27 m de profundidad

al final del verano y el comienzo del otoño (J.L. González y Garci com. per.).

En consecuencia, consideramos que la protección del HE de desove tendría un efecto positivo en la estrategia de gestión de *O. vulgaris*, la cual, de mantenerse así, podría también aplicarse en otras zonas dentro del área de distribución geográfica de la especie (JEREB et al. 2014). Por el momento, no se ve necesaria una protección del HE de cría en Rodas, puesto que la especie estaría protegida por la talla legal mínima de captura (1 Kg; MOLARES, 2015) y el ecosistema de esos fondos arenosos no presenta características especiales a conservar.

Aunque la presión pesquera sobre *S. officinalis* no ha disminuido en los últimos 5 años, las descargas de esta especie procedentes de la Ría de Vigo, incluidas las del PNIAG, decrecieron un 38% en el periodo 2011-2015 (RAGG, 2016). Esto sugiere que se ha producido una caída de los hábitats esenciales de dicha especie, particularmente zonas cubiertas, pero también de los lechos con sustratos de los tipos 2 y 3 (GUERRA et al. 2008). Por esta razón, proponemos que el Bajo de Viños y la Piedra del Borrón se consideren zonas a conservar y proteger.

Esta medida de gestión, al igual que ocurría en el pulpo, significaría modificar la gestión de este recurso desde una gestión basada en la especie a una gestión ecosistémica, que no solo protegería un HE sino también, y simultáneamente, una zona de elevada biodiversidad marina (GUERRA 2014). Por otra parte, la protección de esas dos zonas beneficiaría a la vez a otras especies de importancia comercial, como juveniles de centolla (*Maja brachydactyla*) (SAMPEDRO & GONZÁLEZ-GURRIARÁN 2004), juveniles y adultos de nécora (*Necora puber*) (FREIRE & GONZÁLEZ-GURRIARÁN 1995), y maragotas (*Labrus bergylta*) (VILLEGAS-RÍOS et al. 2013).

Al igual que en el caso del pulpo, estas dos zonas son: 1^o) relativamente pequeñas, pues su superficie total es de 7,42 ha, lo que equivale al 0,28 % de la superficie marina total de la Cíes; 2^o) están claramente definidas; y 3^a) podrían ser bien señalizadas y monitorizadas sin coste excesivo.

Con el fin de minimizar los conflictos sociales entre todos los usuarios, la aplicación de esta medida de gestión para el pulpo y la sepia debería ser gradual, a través de un plan de adaptación.

En el caso de *L. vulgaris* en el PNC, limitar el acceso a los HE de desove identificadas, es decir, crear una Zona de Reserva Integral o similar dentro del parque ofrece serios inconvenientes y quizá no sería necesario. Ello, en primer lugar, porque las AMPs parecen ineficaces cuando se trata de proteger especies altamente móviles (AFONSO et al. 2009; ABECASIS et al. 2013), como es el caso de *L. vulgaris* (CABANELLAS-REBOREDO et al. 2012b). En concordancia con los resultados de este trabajo, proteger áreas relativamente pequeñas podría ser muy favorable para el desove del calamar, pero tiene el inconveniente de que la mayor parte del esfuerzo pesquero se concentra en esas zonas desde hace tiempo (FRONTERA et al. 1993). Una solución de compromiso podría ser proteger esos HEs con una veda espacio-temporal durante el pico de desove de primavera, pero el equilibrio entre la disminución a corto plazo en las capturas y la mejora a largo plazo de la población debería resolverse antes de sugerir cualquier específica medida.

La colocación de DAPs para el desove se ha hecho con éxito en otras especies, por ejemplo en *S. officinalis* (BLANC & DAGUZAN 1998). Sin embargo, los DAPs podrían promover la puesta de huevos en sitios inapropiados. Por lo tanto, después de demostrar que la disponibilidad de un sustrato adecuado puede ser un factor limitante para el desove del calamar, y que las masas de huevos

depositadas en estructuras artificiales son al menos tan exitosas como las establecidas en sustratos naturales (FEYJOO et al. 2015), la utilidad de la colocación de DAPs en los HES identificados dentro del PNC, podría explotarse como medida de gestión complementaria, como ya se ha hecho para mejorar el desove en hábitats degradados (HICKFORD & SCHIEL 2013).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos nuestros compañeros del IIM, IMEDEA, IEO-COB, Palma Aquarium-IMEDEA y ECIMAT, así como a las autoridades y

guardas de ambos Parques Nacionales su impagable apoyo en el desarrollo del proyecto. Miguel Cabanellas-Reboredo fue becado por la Conselleria de Educació del Govern de les Illes Balears (Fondo Social Europeo) y actualmente beneficiario de contrato post-doctoral Juan de la Cierva formación (MINECO). Marta Sestelo disfrutó de beca de investigación SFRH/BPD/93928 de Fundação Ciência e Tecnologia de Portugal y de proyectos del Ministerio de Ciencia e Innovación y la Xunta de Galicia. Este proyecto estuvo financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (CEFAPARQUES, Proyecto número: 458/2011).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABECASIS, D.; AFONSO, P.; O'DOR, R. K. y ERZINI, K. (2013): Small MPAs do not protect cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Fisheries Research* 147: 196-201.
- AFONSO, P.; FONTES, J.; HOLLAND, K. N. y SANTOS, R. S. (2009): Multi-scale patterns of habitat use in a highly mobile reef fish, the white trevally *Pseudocaranx dentex*, and their implications for marine reserve design. *Marine Ecology Progress Series* 381: 273-286.
- ARKHIPKIN A. I.; RODHOUSE PAUL G. K.; PIERCE G. J., et al. (2015): World Squid Fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 23: 92-252.
- BLANC, A. y DAGUZAN, J. (1998): Artificial surfaces for cuttlefish eggs (*Sepia officinalis* L.) in Morbihan Bay, France. *Fisheries Research* 38: 225-231.
- BLOOR, I. S. M.; ATTRILL, M. J. y JACKSON, E. L. (2013): A review of the factors influencing spawning, early life stage survival and recruitment variability in the common cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Advances in Marine Biology* 65: 1-65.
- BOLETZKY, S. v. *Sepia officinalis*. En: Boyle, P. R. (Ed.): *Cephalopod Life Cycles. Species Account*, vol. 1. Academic Press, London: 31-52.
- BOLETZKY, S. v. (2004): A brief survey of cephalopod culture techniques. *Turkish Journal of Aquatic Life* 2: 229-240.
- BOYLE, P. y RODHOUSE, P. (2005): *Cephalopods: Ecology and Fisheries*. Blackwell Science.
- CABANELLAS-REBOREDO, M.; ALÓS, J.; PALMER, M. y MORALES-NIN, B. (2012a): Environmental effects on recreational squid jigging fishery catches. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1823-1830.
- CABANELLAS-REBOREDO, M.; ALÓS, J.; PALMER, M.; MARCH, D. y O'DOR, R. K. (2012b): Movement patterns of the European squid *Loligo vulgaris* during the inshore spawning season. *Marine Ecology Progress Series* 466: 133-144.
- CABANELLAS-REBOREDO, M.; ALÓS, J.; MARCH, D.; PALMER, M.; JORDÀ, G. y PALMER, M. (2014): Where and when will they go fishing? Understanding fishing site and time choice in a recreational squid fishery. *ICES Journal of Marine Science* 71: 1760-1773.
- COLL, J.; GARCÍA-RUBIES, A.; MORANTA, J.; STEFANI, S. y MORALES-NIN, B. (1999): Efectes de la prohibició de la pesca esportiva sobre l'estructura poblacional de l'anfós (*Epinephelus marginatus*) en el Parc Nacional de Cabrera. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears* 42: 125-138.

- FEYJOO, P.; CABANELLAS-REBOREDO, M.; CALVO-MANAZZA, M.; MORALES-NIN, B.; GONZÁLEZ, A. F.; HERNÁNDEZ-URCERA, J.; GARCÍ, M. E. y GUERRA, A. (2015): New insights on the external features of egg capsules and embryo development in the squid *Loligo vulgaris*. *Journal of Natural History* 50: 543-555.
- FREIRE, J. y GONZÁLEZ-GURRIARÁN, E. (1995): Feeding ecology of the velvet swimming crab *Necora puber* in mussel raft areas of the Ria de Arousa (Galicia NW Spain). *Marine Ecology Progress Series* 119: 139-154.
- FRONTERA, M.; FONT, A.; FORTEZA, V. y TOMÁS, P. (1993): Home i natura: els usos tradicionals del sòl i la pesca. *Història natural de l'Arxipèlag de Cabrera*. Editorial Moll-CISC, Palma de Mallorca, pp. 749-762.
- GARCÍ, M. E.; HERNÁNDEZ-URCERA, J.; GILCOTO, M.; FERNÁNDEZ-GAGO, R.; GONZÁLEZ, Á. F. y GUERRA, A. (2015): From brooding to hatching: new insights from a female *Octopus vulgaris* in the wild. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, doi: 10.1017/S0025315415001800.
- GUERRA, A. (2006): Ecology of *Sepia officinalis*. *Vie Milieu* 56: 97-107.
- (2014): Memoria justificativa del Proyecto CEFAPARQUES (Proyecto número: 458/2011). Informe Parcial de 2014. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid.
- (2016): Memoria final del Proyecto CEFAPARQUES (Proyecto número: 458/2011). Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Madrid.
- GUERRA, A.; LENS, S. y ROCHA, F. (2008): Impacto del hombre sobre el ecosistema de la Ria de Vigo: hacia una gestión integrada. *Instituto de Estudios Vigueses, Vigo*: 325-369.
- GUERRA, A.; HERNÁNDEZ-URCERA, J.; GARCÍ, M. E.; SESTELO, M.; REGUEIRA, M.; GONZÁLEZ, A. F.; CABANELLAS-REBOREDO, M.; CALVO-MANAZZA, M. y MORALES-NIN, B. (2014): Dwellers in dens on sandy bottoms: ecological and behavioural traits of *Octopus vulgaris*. *Scientia Marina* 78: 405-414.
- GUERRA, A.; HERNÁNDEZ-URCERA, J.; GARCÍ, M. E.; SESTELO, M.; REGUEIRA, M.; GILCOTO, M. y GONZÁLEZ, A. F. (2016): Spawning habitat selection by the common cuttlefish *Sepia officinalis* in the Cies Islands (Northwest Spain). *Fisheries Research* 183: 44-54.
- GUERRA, A.; ROBIN, J.-P. y SYKES, A., et al. (2015a): *Sepia officinalis*. *Cephalopod biology and fisheries in Europe: Species Accounts*: 53-72. ICES Cooperative Research Report N.º 325.
- GUERRA, A.; HERNÁNDEZ-URCERA, J.; GARCÍ, M. E.; SESTELO, M.; REGUEIRA, M.; GONZÁLEZ, A. F.; CABANELLAS-REBOREDO, M.; CALVO-MANAZZA, M. y MORALES-NIN, B. (2015b): Spawning habitat selection by *Octopus vulgaris*: New insights for a more effective management of this resource. *Fisheries Research* 167: 313-322.
- GUYADER, O.; BERTHOU, P., et al. (2013): Small scale fisheries in Europe: a comparative analysis based on a selection of case studies. *Fisheries Research* 140: 1-13.
- HANLON, R. T. y MESSENGER, J. B. (1996): *Cephalopods Behaviour*. Cambridge University Press.
- HERNÁNDEZ-GARCÍA, V.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. L. y CASTRO-HERNÁNDEZ, J. J. (2002): On the reproduction of *Octopus vulgaris* off the coast of the Canary Islands. *Fisheries Research* 57: 197-203.
- HERNÁNDEZ-URCERA, J.; GARCÍ, M. E.; ROURA, A.; GONZÁLEZ, A. F.; CABANELLAS-REBOREDO, M.; MORALES-NIN, B. y GUERRA, A. (2014): Cannibalistic behavior of *Octopus vulgaris* in the wild. *Journal of Comparative Psychology* 128: 427-430.
- HICKFORD, M. J. H. y SCHIEL, D. R. (2013): Artificial spawning habitats improve egg production of a declining diadromous fish, *Galaxias maculatus*. *Restoration Ecology* 21: 686-694.
- HUTCHINGS, J. A. (2000): Collapse and recovery of marine fishes. *Nature* 406: 882-885.
- JEREB, P. y ROPER, C. F. E. (2010): *Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Myopsid and Oegopsid Squids*. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. N.º 4, Vol. 2, Rome.
- JEREB, P.; ROPER, C. F. E.; NORMAN, M. D. y FINN, J. K. (2014): *Cephalopods of the World. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Octopods and Vampire Squids*. *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes* N.º 4, vol. 3, Rome.
- LEITE, T. S.; HAIMOVICI, M.; MATHER, J. y LINS OLIVEIRA, J. (2009): Habitat, distribution, and abundance of the commercial octopus (*Octopus insularis*) in a tropical oceanic island, Brazil: information for management of an artisanal fishery inside a marine protected area. *Fisheries Research* 98: 85-91.
- MANGOLD, K. (1983): *Octopus vulgaris*. En: Boyle, P.R. (Ed.), *Cephalopod Life Cycles. Species Account*, vol. 1. Academic Press, pp. 335-364.

- MOLARES, J. (2015): Gestión de la pesca del pulpo en la Comunidad Autónoma de Galicia. Informe presentado en el Foro sobre la pesquería de pulpo en el Noroeste Peninsular. Accessible en: [inftp://mareswwf.no-ip.org/](http://mareswwf.no-ip.org/)
- MORALES-NIN, B.; GRAU, A. M. y PALMER, M. (2010): Managing coastal zone fisheries: a Mediterranean case study. *Ocean Coastal Management*. 53: 99-106.
- MORENO, A.; LOURENÇO, S.; PEREIRA, J.; GASPAS, M. B.; CABRAL, H. N.; PIERCE, G. J. y SANTOS, A. M. P. (2014): Essential habitats for pre-recruit *Octopus vulgaris* along the Portuguese coast. *Fisheries Research* 152: 74-85.
- OTERO, J.; GONZÁLEZ, A. F.; SIEIRO, M. P. y GUERRA, A. (2007): Reproductive cycle and energy allocation of *Octopus vulgaris* in Galician waters, NE Atlantic. *Fisheries Research* 85: 122-129.
- OTERO, J.; ÁLVAREZ-SALGADO, X. A.; GONZÁLEZ, A. F.; GILCOTO, M. y GUERRA, A. (2009): High-frequency coastal upwelling events influence *Octopus vulgaris* larval dynamics on the NW Iberian shelf. *Marine Ecology Progress Series* 386: 123-132.
- OURENS, R.; CAMBIÉ, G.; CARABEL, S. y FREIRE, J. (2010): Gestión pesquera, sostenibilidad y conservación de la biodiversidad en el archipiélago de las islas Cíes en el Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia (GES-CIES030/SGTB/2007/1.4). Universidad de La Coruña.
- PIKITCH, E. K.; SANTORA, C.; BABCOCK, E. A., et al. (2004): Ecosystem-Based Fishery Management. *Science* 305: 346-347.
- PIERCE, G. J.; VALAVANIS, V.; GUERRA, A.; et al. (2008): A review of cephalopod-environment interactions in European Seas. *Hydrobiologia* 612 : 49-70.
- PIERCE, G. J.; ALLCOCK, L.; BRUNO, I.; et al. (2010): Cephalopod biology and fisheries in Europe. ICES Cooperative Research Report No 303. Copenhagen, Denmark.
- RAGG, Regional Autonomous Government of Galicia (2016): Plataforma Tecnológica da Pesca; <http://www.pescadegalicia.com>.
- ROBERTS, C. M.; HAWKINS, J. P. y GELL, F. R. (2005): The role of marine reserves in achieving sustainable fisheries. *Philosophical Transactions Royal Society London (B)* 360: 123-132.
- ROBERTS, M. J. (1998): The influence of the environment on chokka squid *Loligo vulgaris reynaudii* spawning aggregations: steps towards a quantified model. *South African Journal of Marine Science* 20: 267-284.
- ROURA, A.; GONZÁLEZ, A. F.; REDD, K. y GUERRA, A. (2012): Molecular prey identification in wild *Octopus vulgaris* paralarvae. *Marine Biology* 159: 1335-1345.
- ROURA, A.; ÁLVAREZ-SALGADO, X. A.; GONZÁLEZ, A. F.; GREGORI, M.; ROSÓN, G.; OTERO, J. y GUERRA, A. (2016): Life strategies of cephalopod paralarvae in a coastal upwelling system (NW Iberian Peninsula): insights from zooplankton community and spatio-temporal analyses. *Fisheries Oceanography* 25: 241-258.
- ROCHA, F.; GUERRA, A. y GONZÁLEZ, A. F. (2001): A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biological Reviews* 76: 291-304.
- ROSENBERG, A.; BIGFORD, T. E.; LEATHERY, S.; HILL, R. L. y BICKERS, K. (2000): Ecosystem approaches to fishery management through essential fish habitat. *Bulletin of Marine Science* 66: 535-542.
- SAMPEDRO, M. P. y GONZÁLEZ-GURRIARÁN, E. (2004): Aggregating behaviour of the spider crab *Maja squinado* in shallow waters. *Journal of Crustacean Biology* 24: 168-177.
- SANCHEZ, P.; DEMESTRE, M.; RECASENS, L.; MAYNOU, F. y MARTIN, P. (2008): Combining GIS and GAMs to identify potential habitats of squid *Loligo vulgaris* in the North-western Mediterranean. *Hydrobiologia* 612: 91-98.
- SMITH, J. M.; MACLEOD, C. D.; VALAVANIS, V.; HASTIE, L.; VALINASSAB, T.; BAILEY, N.; SANTOS, M. B. y PIERCE, G. J. (2013): Habitat and distribution of post-recruit life stages of the squid *Loligo forbesii*. *Deep-Sea Research II* 95: 145-159.
- VALAVANIS, V. D.; GEORGAKARAKOS, S.; KAPANTAGAKIS, A.; PALIALEXIS, A. y KATARA, I. (2004): A GIS environmental modeling approach to essential fish habitat designation. *Ecological Modeling* 178: 417-427.
- VALAVANIS, V. D. y SMITH, C. (2007): Essential fish habitats. State of the Hellenic Fisheries. HCMR Publications, Athens: 385-390.
- VILLEGAS-RÍOS, D.; ALÓS, J.; MARCH, D.; PALMER, M.; MUCIENTES, G. y SABORIDO-REY, F. (2013): Home range and diel behaviour of the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, determined by acoustic telemetry. *Journal of Sea Research* 80: 61-71.
- WOOD, S. N. (2006): Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton FL.
- WORM, B.; BARBIER, E. B.; BEAUMONT, N.; DUFFY, et al. (2006): Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314: 787-790.

Apéndice I. Datos del muestreo de *Octopus vulgaris*. VCN: número del censo visual= CEVEAs; Z: zona (a: sur; b: central; c: norte); D: profundidad (m); SA: área barrida (ha); TB: tipo de sustrato del fondo, 1: blando; 2: duro; NO: número de ejemplares; EC: número de masas de huevos; SD: número de guaridas de desove; HV: visibilidad horizontal (m); BT: temperatura del fondo (°C); C: ausencia (0)/presencia (1) de nasas; Ila: latitud inicial (N); Ilo: longitud inicial (W).

VCN	Z	SZ	D	SA	TB	NO	EC	SD	HV	BT	C	Date (d/m/y)	Ila	Ilo
1	b	2	13	1.128	1	1	0	0	8	14	0	30/04/2012	42 12.768	08 53.981
2	c	3	15	3.720	1	4	0	0	15	13	1	17/04/2012	42 11.767	08 53.357
3	b	2	13	2.580	2	0	0	0	15	13	1	17/04/2012	42 12.746	08 53.894
4	b	2	13	1.664	1	1	0	0	8	13	0	07/05/2012	42 13.466	08 53.976
5	b	5	29	0.140	2	0	0	0	5	14	0	14/05/2012	42 13.521	08 54.824
6	b	2	15	1.024	1	6	0	0	4	14	0	14/06/2012	42 13.330	08 53.882
7	c	3	18	0.405	2	1	0	1	3	15	0	23/05/2012	42 11.577	08 53.100
8	b	2	9	0.441	2	0	0	0	3	16	0	23/05/2012	42 12.769	08 54.258
9	c	6	21	1.000	1	3	0	0	10	16	0	04/06/2012	42 10.715	08 54.257
10	b	5	20	1.280	2	2	1	1	10	17	0	04/06/2012	42 12.650	08 54.816
11	a	4	17	2.160	2	5	0	1	20	16	0	20/06/2012	42 15.115	08 55.061
12	a	1	20	1.120	2	7	0	1	20	16	0	20/06/2012	42 14.848	08 54.367
13	a	1	19	1.760	2	0	0	0	10	16	1	09/07/2012	42 14.467	08 54.008
14	a	1	20	0.630	2	5	1	1	10	16	1	09/07/2012	42 14.842	08 54.369
15	a	1	20	1.720	2	7	4	4	8	15	1	17/07/2012	42 14.858	08 54.367
16	b	2	13	1.696	2	0	0	0	8	16	0	17/07/2012	42 12.681	08 54.428
17	c	3	15	0.425	2	1	0	0	5	15	0	24/07/2012	42 11.820	08 53.261
18	a	1	17	0.560	2	2	2	2	4	13	0	27/07/2012	42 14.406	08 55.834
19	c	3	26	0.336	1	2	0	0	4	13	0	27/07/2012	42 12.281	08 53.585
20	b	2	10	0.096	1	0	0	0	4	13	0	27/07/2012	42 12.459	08 54.265
21	b	5	27	0.036	2	0	0	0	4	13	0	08/08/2012	42 12.401	08 54.385
22	b	2	10	1.092	2	3	0	0	7	14	0	08/08/2012	42 12.458	08 54.488
23	a	1	30	2.240	2	1	1	1	20	14	1	27/08/2012	42 15.015	08 54.485
24	a	1	18	2.220	2	2	1	1	15	14	0	27/08/2012	42 14.983	08 54.556
25	c	6	29	0.096	2	0	0	0	8	14	0	05/09/2012	42 10.253	08 54.793
26	c	3	15	1.040	2	1	1	1	5	14	0	05/09/2012	42 10.428	08 53.353
27	c	3	18	0.015	1	1	0	0	0.5	14	0	21/09/2012	42 11.767	08 53.255
28	c	3	10	0.648	2	0	0	0	4	14	1	21/09/2012	42 11.942	08 53.875
29	c	3	10	0.516	2	1	0	0	4	14	0	21/09/2012	42 11.848	08 53.607
30	a	1	19	1.280	1	0	0	0	10	15	0	10/10/2012	42 14.243	08 53.636
31	a	1	24	0.60	2	1	1	3	10	15	1	10/10/2012	42 14.881	08 54.354
32	a	1	17	0.768	2	3	1	3	8	17	1	29/10/2012	42 14.708	08 54.118

33	a	1	15	1.560	2	3	0	0	10	17	1	29/10/2012	42	13.775	08	53.732
34	c	6	20	1.080	2	6	0	0	10	16	1	09/11/2012	42	11.290	08	54.186
35	c	3	18	1.520	2	3	0	3	10	16	0	09/11/2012	42	11.152	08	53.343
36	a	1	18	1.024	2	4	0	4	8	12	0	11/12/2012	42	14.346	08	53.801
37	b	2	15	1.568	1	9	0	0	8	13	0	11/12/2012	42	12.747	08	54.104
38	b	2	13	1.600	1	8	0	0	8	13	0	17/01/2013	42	12.782	08	53.960
39	a	1	12	1.536	2	6	0	2	8	13	0	17/01/2013	42	14.095	08	53.801
40	a	1	21	1.032	2	4	0	0	8	13	1	04/02/2013	42	14.857	08	54.368
41	b	2	12	1.752	2	3	0	0	8	13	1	04/02/2013	42	12.852	08	53.996
42	c	3	24	0.420	2	0	0	0	3	13	0	28/02/2013	42	11.197	08	53.754
43	b	2	12	1.856	2	2	0	0	8	12	1	28/02/2013	42	12.610	08	53.617
44	a	1	13	0.402	2	12	1	1	2	13	1	27/03/2013	42	13.656	08	53.635
45	b	2	17	1.710	2	10	0	0	6	14	1	19/04/2013	42	12.635	08	54.597
46	b	2	12	1.248	2	5	0	1	6	14	0	19/04/2013	42	12.752	08	53.957
47	c	6	25	0.18	2	0	0	0	4	13	0	30/04/2013	42	12.174	08	55.010
48	c	3	9	0.756	2	12	0	0	6	13	0	30/04/2013	42	12.024	08	53.984
49	c		22	0.758	2	0	0	0	5	12	0	24/05/2013	42	11.159	08	54.189
50	b		10	1.480	2	7	0	0	8	12	0	24/05/2013	42	12.780	08	54.013
51	b		24	0.732	1	0	0	0	4	12	0	28/05/2013	42	14.848	08	54.367
52	b		10	1.575	2	12	1	1	7	12	0	04/06/2013	42	13.618	08	53.632
53	a		12	9.360	2	10	0	0	6	14	0	04/06/2013	42	13.612	08	53.682
54	b		13	7.740	2	1	0	1	6	13	0	16/06/2013	42	12.681	08	54.428
55	b		14	2.200	2	1	0	1	10	14	0	25/06/2013	42	12.681	08	54.428
56	b		13	1.100	1	10	0	0	4	14	0	25/06/2013	42	13.162	08	53.457
57	b		14	0.492	1	11	0	0	3	14	0	25/06/2013	42	13.059	08	53.454
58	b		10	0.636	1	7	0	0	3	15	0	26/06/2013	42	13.176	08	53.529
59	b		24	0.480	1	3	0	0	3	12	0	26/06/2013	42	13.145	08	53.740
60	b		8	1.120	1	6	0	0	4	14	0	01/07/2013	42	13.079	08	53.493
61	a		10	1.664	2	1	0	0	8	13	0	31/07/2013	42	12.686	08	54.871
62	a		22	0.780	2	1	1	1	10	15	1	07/08/2013	42	15.140	08	54.547
63	c		15	1.200	2	0	0	0	8	19	0	29/08/2013	42	15.030	08	55.140
64	c		10	1.560	2	0	0	0	10	14	1	18/09/2013	42	11.784	08	53.506
65	b		21	0.774	2	4	0	0	6	13	0	18/09/2013	42	11.799	08	53.271
66	a		11	0.738	2	7	0	0	6	13	0	25/09/2013	42	12.726	08	53.970
67	a		21	0.990	2	1	1	1	6	13	0	25/09/2013	42	14.478	08	53.807
68	b		15	0.990	2	1	1	1	6	13	0	07/10/2013	42	14.738	08	54.214
69	b		20	0.660	1	6	0	0	4	17	0	07/10/2013	42	13.291	08	53.744
70	c		11	1.400	1	8	0	0	4	18	0	30/10/2013	42	13.300	08	53.830

Identificación y caracterización de hábitats esenciales para tres especies de cefalópodos en los Parques Nacionales ...

71	c	18	0.900	2	3	0	0	6	16	0	30/10/2013	42.11.550	08.53.187
72	b	10	0.510	1	8	0	0	2	16	0	14/11/2013	42.12.700	08.54.364
73	b	20	1.180	2	9	1	3	4	15	0	14/11/2013	42.12.492	08.54.815
74	c	12	1.925	2	15	0	0	5	15	0	26/11/2013	42.12.773	08.53.972
75	c	21	1.760	2	3	1	2	10	12	1	26/11/2013	42.11.268	08.54.505
76	a	14	2.400	1	10	0	0	10	12	1	03/12/2013	42.11.525	08.53.789
77	a	29	2.400	2	1	0	3	15	12	0	03/12/2013	42.14.901	08.54.296
78	b	17	3.420	2	1	0	0	15	12	0	05/12/2013	42.15.378	08.55.669
79	b	18	0.459	2	0	0	0	3	11	0	05/12/2013	42.12.902	08.53.396
80	a	12	1.760	2	12	0	2	10	12	0	21/01/2014	42.12.649	08.54.482
81	a	28	0.704	2	2	0	0	8	14	0	21/01/2014	42.14.842	08.54.074
82	a	12	1.360	2	15	0	0	4	14	1	19/02/2014	42.13.688	08.53.650
83	b	25	0.160	2	4	0	0	1	12	0	19/02/2014	42.13.677	08.53.418
84	c	8	0.152	2	1	0	0	1	12	0	07/03/2014	42.13.548	08.53.846
85	c	18	0.420	1	0	0	0	3	12	0	07/03/2014	42.11.579	08.56.093
86	c	10	0.492	2	1	0	0	3	12	0	12/03/2014	42.11.587	08.53.306
87	c	18	0.432	2	1	0	0	3	13	1	12/03/2014	42.11.371	08.53.343
88	a	11	0.360	2	5	0	0	3	13	0	20/03/2014	42.11.657	08.53.375
89	b	20	0.480	2	2	0	1	4	13	0	20/03/2014	42.14.396	08.53.597
90	a	11	0.936	2	6	0	1	6	13	0	10/04/2014	42.12.732	08.54.275
91	a	22	1.575	2	1	1	1	15	14	0	10/04/2014	42.14.477	08.53.637
92	a	14	3.675	2	6	0	0	15	13	0	16/04/2014	42.14.487	08.54.000
93	a	22	3.540	2	2	0	4	15	14	1	16/04/2014	42.14.959	08.54.428