

**Estructura poblacional y ciclo reproductor
de *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797
(Cephalopoda: Octopodidae)
en la costa central catalana**

Oscar Escolar Sánchez

Directores: Roger Villanueva y Fernando A. Fernández-Álvarez
Institut de Ciències del Mar, CSIC, Departamento de Recursos Marinos Renovables
Trabajo Final de Máster en Oceanografía y Gestión del Medio Marino
Universitat de Barcelona
Octubre 2018



Institut
de Ciències
del Mar



ABSTRACT

The common octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 is an important fishery resource with a high demand worldwide. Recently, its landings are decreasing, while both fishery effort and price are increasing. Its catches could fluctuate annually, due to its short life cycle and the interannual changes of the environmental factors which could affect the recruitment survival. The present study attempts to assess the current state of the *O. vulgaris* population structure and the periods of sexual maturity on the Central Catalan coast. To attain this objective, this study samples the landings of the artisanal and trawler fleet measuring different biological parameters: the weight, the mantle length, the sex, the sexual maturity stage and the presence/absence of sperm in both female spermatheca and oviducts. Moreover, several samplings were made on board a fishing boat to analyze octopus below the commercial size. Additionally, the presence of recently settled juveniles was reported and studied for first time aboard a fishing vessel using an opportunistic sampling based on common artisanal fishing methods. This study characterized a female maturity peak of females that range from March to October. On the contrary, males were sexually mature during all the sampling period. Captured octopuses showed significant differences in sizes between months: the biggest individuals were caught during May, June and July, while the smallest ones were caught from September and October. However, trawlers landed smallest individuals than artisanal fleet along the survey. The presence of a juvenile peak on May is discussed and several hypotheses to explain its presence are proposed. All this new knowledge was summarized in a theoretical model of the annual cycle of *O. vulgaris* in the Central Catalan coast and it is expected that it might help to improve its exploitation if fisheries co-management plans are developed for this species in the future.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Pesquería	3
1.2. Objetivos	5
2. MATERIAL Y MÉTODOS	5
2.1. Área de muestreo, artes de pesca y periodo de estudio.....	5
2.2. Recolección de datos	8
2.3. Análisis estadístico de los datos	10
3. RESULTADOS	11
3.1. Caracterización de las temperaturas en la zona de muestreo	11
3.2. Proporción de sexos y distribuciones por tallas	12
3.3. Seguimiento de la población de <i>Octopus vulgaris</i> capturado con nansas de sepia	18
3.4. Madurez sexual en machos	19
3.5. Madurez sexual en hembras	20
3.6. Presencia de esperma en hembras y abundancia de hembras maduras en pre-puesta	21
3.7. Muestreo de juveniles en asentamiento	23
4. DISCUSIÓN	24
4.1. Proporción de sexos y estructura poblacional	24
4.2. Distribución por tallas	24
4.3. Madurez sexual	25
4.4. Juveniles	27
4.5. Ciclo anual del pulpo común en la costa central catalana	28
5. CONCLUSIONES	30
6. AGRADECIMIENTOS.....	31
7. REFERENCIAS	32
8. ANEXO.....	35

1. INTRODUCCIÓN

El pulpo común, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, es actualmente una especie de elevada importancia pesquera a nivel mundial. En los últimos años, sus capturas en el Mediterráneo y en el Atlántico nororiental se están viendo reducidas (Fig.1) y su demanda comercial y valor económico están en alza.

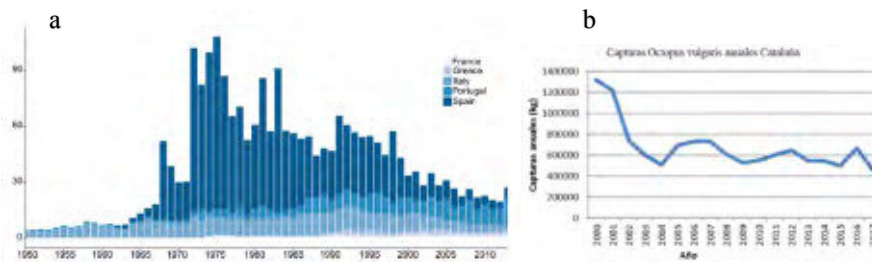


Figura 1. a, capturas de *Octopus vulgaris* en cinco países europeos (Francia, Grecia, Italia, Portugal y España) desde 1950 a 2013 (fuente: FishStat dataset, FAO 2014) (Sonderblohm, 2015). **b**, capturas anuales en Cataluña de 2000 a 2017. Fuente: Direcció General de Pesca i Afers Maritims, Generalitat de Catalunya.

Se trata de una especie semélfara y de crecimiento rápido, cuyo ciclo de vida tiene una duración variable en función del lugar de estudio y temperatura, pero varía entre los 12 y los 20 meses (Mangold & von Boletzky, 1973; Iglesias et al., 2004; Sobrino *et al.*, 2011; González *et al.*, 2011). Los machos son ligeramente más longevos que las hembras (Domain et al., 2000).

Durante el apareamiento, el macho introduce la parte distal del tercer brazo izquierdo, denominado brazo hectocotilizado, en la cavidad paleal de la hembra e introduce el esperma dentro de sus oviductos. Dado que los cefalópodos tienen sistemas de paternidad promiscuos (Hanlon & Messenger, 1996) y han sido descritos fenómenos de competencia espermática en otras especies de pulpo (Morse *et al.*, 2018), se espera que este fenómeno también ocurra en *O. vulgaris*. Por lo tanto, el macho, si puede, extraerá el esperma de otros machos que lo hayan depositado en el oviducto de la hembra previamente (Hernández-Urcera & Guerra, 2014).

Las hembras de *O. vulgaris* pueden ser fecundadas por varios machos, almacenando el esperma en unos receptáculos conocidos como espermatecas, situados en el interior de la glándula oviductal. Éstas pueden almacenar este esperma hasta que reúnan las condiciones óptimas para producir la puesta. Para ello, las hembras buscan un lugar seguro, y varios autores sugieren una posible migración a zonas poco profundas para desovar (Mangold-Wirz, 1963).

Al efectuar la puesta, la hembra ancla en una cavidad o refugio varios cordones de huevos, formando racimos. Dependiendo del tamaño de la hembra, produce entre 12 000 y 630 000 oocitos (Otero *et al.*, 2007). Una vez finalizada la puesta, la hembra protege, limpia y ventila los huevos a lo largo del periodo de desarrollo embrionario, sin abandonar nunca la masa de huevos y sin alimentarse durante este periodo, sobreviviendo gracias a sus reservas energéticas. El desarrollo embrionario puede durar entre 1 y 4 meses dependiendo de la temperatura del agua (Hernández-Urcera & Guerra, 2014).

Tras el nacimiento, algunos cefalópodos se desarrollan de forma planctónica en la columna de agua, denominándose paralarvas (Young, 1988). Siendo el caso de *O. vulgaris*, sus paralarvas eclosionan con un manto alargado y cónico, miden 2 mm de longitud de manto (Fig. 2), y pesan alrededor de 1,4 mg. Su crecimiento es alométrico hasta que alcanzan su etapa bentónica (Villanueva, 1995). Al nacer tienen 3 ventosas y dos cromatóforos en cada brazo (Jereb *et al.* 2015). En laboratorio, a 21.2 °C doblan su peso aproximadamente cada 8.5 días, hasta que a los 60 días se asientan en el bentos con un peso medio de 173.2 mg (Villanueva, 1995; Iglesias *et al.*, 2004). En el medio natural, la duración de la fase planctónica es desconocida, aunque se supone que es dependiente de la temperatura.



Figura 2. Ejemplares de *Octopus vulgaris* desde el nacimiento hasta el asentamiento, obtenidos durante los cultivos descritos en Villanueva (1995). Las imágenes no están a la misma escala. Edad (días) y longitud dorsal del manto (LM, mm) medida en fresco son: **a**, 0 días, 2.0 mm; **b**, 20 días, 3.0 mm; **c**, 30 días, 4.3 mm; **d**, 42 días, 5.9 mm; **e**, 50 días, 6.6 mm; **f**, 60 días, 8.5 mm.

Estudios sobre la alimentación de las paralarvas salvajes sugieren que la mayor proporción de la dieta de *O. vulgaris* durante su periodo planctónico está formada por pequeños crustáceos planctónicos (Passarella & Hopkins, 1991), aunque también consumen otros tipos de organismos planctónicos (Olmos-Pérez *et al.*, 2017).

A partir de observaciones en laboratorio, *O. vulgaris* muestra un periodo de asentamiento de alrededor de 10 días a 21 °C, en el que realizan intermitentemente contactos y breves reposos sobre las superficies (Leis, 2006) (Villanueva & Norman, 2008). Esta fase de transición es

seguida de la fase bentónica, durante la cual los ejemplares se adhieren a superficies y buscan refugios en el fondo. Durante este periodo, su morfología externa aún no corresponde en proporciones con la del adulto, caracterizándose por una longitud de brazos inferior en relación al manto, denominándose etapa juvenil.

Durante el inicio de su fase bentónica, los cromatóforos empiezan a desarrollarse para poder mimetizarse con el medio y ser usados como herramienta de camuflaje. Previamente, su transparencia era un carácter importante para la supervivencia en la columna de agua. Según González *et al.* (2011), el reclutamiento de los juveniles debería ocurrir varias semanas después del asentamiento pasando a ser susceptibles a las pesquerías, lo que depende del tamaño de éstos y de la selectividad del arte de pesca por el que son capturados.

La abundancia de *O. vulgaris* puede experimentar variaciones interanuales, debidas a los factores tanto naturales como de origen antropogénico. En el caso de especies de ciclos de vida corto, como es el caso de *O. vulgaris*, el stock pesquero está influenciado principalmente por la supervivencia del reclutamiento anual.

1.1. Pesquería

Los pulpos son capturados con distintas técnicas de pesca. Las principales artes que los capturan como especie objetivo son los catufos y las nansas (Fig. 3). No obstante, son también capturados por redes pasivas y por las embarcaciones de arrastre, que faenan a mayores profundidades.



Figura 3. Métodos de pesca artesanal. **a**, catuf; **b**, nansas del pulpo.

El lugar de estudio seleccionado para este estudio es el caladero perteneciente a la Cofradía de Pescadores de Vilanova y la Geltrú (Cataluña). En esta cofradía, la flota artesanal captura

O. vulgaris con catufos y nansas en un rango de profundidad entre los 6 y los 40 m, dependiendo de la época del año. La flota de arrastre tiene limitada la pesca a profundidades superiores a los 40 m del 1 de septiembre al 31 de febrero y superiores a los 50 m el resto del año. En la figura 4 se puede observar la variabilidad de capturas de *O. vulgaris* desde enero del 2010 a marzo 2018.

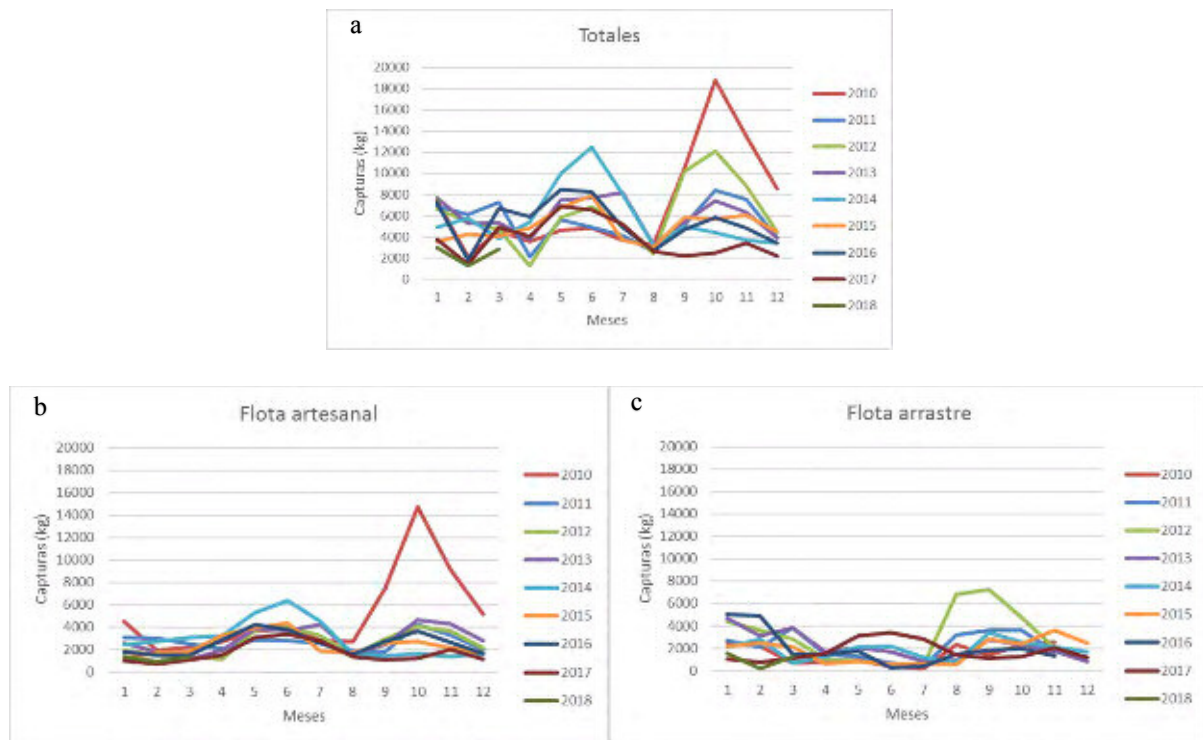


Figura 4. Capturas mensuales de *O. vulgaris* en Vilanova y la Geltrú desde 2010 a 2018. **a**, capturas totales; **b**, capturas flota artesanal; **c**, capturas flota de arrastre. Los meses están representados por números.
Fuente: Direcció General de Pesca i Afers Maritims, Generalitat de Catalunya.

Según los datos de la Direcció General de Pesca i Afers Maritims (Generalitat de Catalunya), se puede apreciar dos épocas de aumento de las capturas: una entre abril y agosto, y otra entre septiembre y enero. No obstante, estos aumentos muestran variabilidad interanual. La flota artesanal forma el sector con mayor proporción de capturas en el puerto de Vilanova y la Geltrú.

Según Otero *et al.* (2008), factores ambientales como la concentración de clorofila, el transporte de Ekman, la temperatura del agua o la abundancia de zooplancton modulan el ciclo de vida de *O. vulgaris*. Por otro lado, según Vargas-Yáñez *et al.* (2009), también la salinidad, luz, el rango de lluvias o los procesos de dispersión y disponibilidad de presas ligada con la variabilidad del viento y los sistemas de corriente podrían afectar la abundancia anual del stock.

Todos los factores ambientales nombrados anteriormente pueden tener mayor o menor influencia en el crecimiento de *O. vulgaris*, dependiendo del estado ontogenético del individuo sobre el que incidan.

La biología de *O. vulgaris* es relativamente desconocida en la costa catalana. A estudios iniciales sobre la determinación del desarrollo sexual de *O. vulgaris* (Guerra 1975), siguieron otros sobre la dinámica de poblaciones de cefalópodos explotados en el noroeste mediterráneo (Sánchez & Martín, 1993), y un tercero basado en la comparación de los patrones de explotación de *O. vulgaris* en dos áreas del Mediterráneo: Vilanova i la Geltrú y Kavala y Limenas (Kavala, Grecia) (Tsangridis *et al.*, 2002). Además de estos tres estudios centrados en la zona noroeste del Mediterráneo, existen estudios sobre pesquerías con catufos en la costa valenciana (Sánchez & Obarti, 1993), y con embarcaciones de arrastre en la zona de Port Vendres (sur de Francia) (Mangold, 1963), en la isla de Mallorca (Quetglas *et al.*, 1998) y en el golfo de Alicante (González *et al.*, 2011).

1.2. Objetivos

El objetivo de este estudio es determinar la estructura poblacional y el ciclo reproductor de *O. vulgaris* en la costa central catalana. Este conocimiento se considera imprescindible para elaborar el próximo plan de cogestión de la pesca del pulpo, en el que participan representantes de la administración, pescadores y científicos, con la intención de lograr una explotación eficiente y sostenible del recurso.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de muestreo, artes de pesca y periodo de estudio

Vilanova y la Geltrú es el principal puerto pesquero en volumen de capturas de pulpo de la costa central catalana (Fig. 4). Por ello, ha sido seleccionado para desarrollar el presente estudio. El muestreo se ha realizado en los alrededores de la población de Vilanova y la Geltrú, situada a 42 km al sur de la ciudad de Barcelona (Fig. 5).



Figura 5. Zona de muestreo entre Barcelona y Torredembarra (Cataluña, España). Las isobatas muestran las profundidades de 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 y 500 m. Se indica con círculos amarillos la posición de Vilanova i la Geltrú, del Laboratorio de Observación Submarina (OBSEA) y del Instituto de Ciencias del Mar (ICM).

Los pescadores de la Cofradía de Vilanova y la Geltrú han llevado a cabo la pesca del pulpo común desde hace decenios. El uso de catufos, también conocidos como potes, alcatruces o cadups (Fig. 3a), era la técnica más utilizada en este territorio. Antiguamente, se utilizaban latas de aceite y conservas, pero posteriormente se introdujeron los catufos de cerámica y, más recientemente, los catufos de plástico (Anexo, Fig.1). Desde hace unos años se usan también las nansas (Fig. 3b), cebadas con distintas especies de peces, como el jurel (*Trachurus trachurus*), la boga (*Boops boops*), la caballa (*Scomber scombrus*) o la chucla (*Spicara maena*), según la disponibilidad. Esta pesquería artesanal litoral se realiza en fondos blandos, arenosos y fangosos, entre los 6 y 40 m de profundidad. El caladero explotado por los pescadores de la cofradía se extiende principalmente a lo largo de 62 km de la costa, entre las localidades de Gavà y Torredembarra (Fig. 5).

El estudio de *O. vulgaris* constó de distintas fases de muestreo:

a) Muestreo de la flota artesanal. Los ejemplares fueron capturados con catufos y nansas. Fue realizado desde el 16 de junio de 2017 al 28 de agosto de 2018. Se realizaron un mínimo de dos muestreos mensuales, comprando en lonja las capturas íntegras de la jornada de pesca, con un mínimo de $n = 28$ ejemplares por muestreo. Junio de 2017 constituye una excepción, dado que sólo se realizó un muestreo. Estos muestreos abarcan las profundidades de los 6 a los 40 m de profundidad. A partir de la segunda quincena de junio de 2018 hasta final de agosto de 2018,

se muestrean ejemplares capturados con nansa de pulpo incluyendo también los inferiores a la talla mínima (1 kg).

Gracias a la generosa colaboración de los pescadores de la Cofradía de Vilanova y la Geltrú, se realizaron varios muestreos sin adquirir los ejemplares. Se desarrolló una práctica de apertura del manto sin dañarlo, lo que permitió la obtención de todos los parámetros sin realizar la disección del manto, pudiendo ser vendidos los pulpos posteriormente sin ninguna alteración y ampliando notablemente el número de ejemplares muestreados.

b) Muestreo de la flota de arrastre. A partir del 2 de noviembre 2017, se inició el muestreo de los ejemplares capturados por los buques arrastreros, obteniéndose igualmente dos muestreos mensuales con un mínimo de $n = 30$ pulpos por muestreo, hasta el 21 de agosto 2018. En febrero de 2018, a causa del periodo de veda de pesca de arrastre, solo se realizó un muestreo, y, debido a las bajas capturas de julio, se debieron realizar cuatro muestreos mensuales para lograr superar el mínimo de ejemplares establecido en el protocolo de muestreo. Los ejemplares procedentes de la flota de arrastre se capturaron en profundidades de 40 a 85 m.

c) Muestreo de juveniles. Desde 25 mayo 2017 hasta 31 agosto 2018, se realizó este muestreo de forma oportunista dos días por semana. Estos ejemplares de *O. vulgaris* de muy pequeño tamaño, recién asentados en el bentos (Fig. 8d), fueron recolectados abordo apareciendo asociados a las estructuras externas de las nansas y desprendiéndose al realizar maniobras rutinarias en la cubierta del barco.

d) Muestreo a bordo de nansas de sepia. También, se realizó 10 días de muestreo a bordo entre el 5 de julio y el 16 de agosto de los pulpos pescados durante la temporada de sepia con las nansas de sepia (Anexo, Fig. 2), coincidiendo con la misma profundidad donde se usan los catufos durante el invierno entre 6 y 10 metros.

e) Muestreo a bordo de ejemplares inferiores a la talla legal mínima. A parte del muestreo de los pulpos desembarcados, desde el 26 de octubre al 18 de mayo se realizaron 19 muestreos de pesado a bordo de los ejemplares que por su pequeño tamaño son devueltos al mar, tanto en pesca con catufó como con nansa del pulpo.

Todos los muestreos han sido realizados personalmente por el autor de este Trabajo de Fin de Máster con la distribución temporal que se observa en la figura 6.

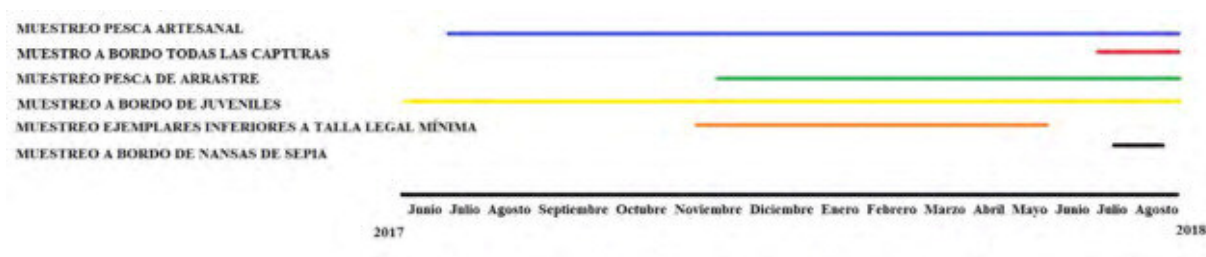


Figura 6. Distribución temporal de los distintos muestreos llevados a cabo en el presente estudio.

2.2. Recolección de datos.

El muestreo morfológico de los ejemplares consistió en la obtención del peso (g) (Fig. 7a) y longitud dorsal del manto (LM, en mm) (Fig. 7b). También se registró si los ejemplares carecían de algún brazo, y en ese caso se excluyeron de la relación talla-peso. Seguidamente se diseccionó el manto para el sexado y la estimación del grado de madurez sexual según la escala de Cuccu *et al.* (2013) (Anexo, Fig. 3-5).

Tabla 1. Descripción de estadios de madurez sexual en machos y hembras (ver las figuras 3-5 del Anexo para más detalles).

Estadio madurez sexual	Clasificación en machos	Clasificación en hembras
1	Inmaduro	Inmadura
2	En desarrollo	En desarrollo
3	Madurando	Madurando
4	Maduro inicial	Madurando
5	Maduro avanzado	En puesta
6	Senescente	Post-puesta

En el caso de las hembras se anotó también la presencia de esperma tanto en el oviducto como en la espermateca (Fig. 7c).



Figura 7. Fotografías del muestreo. **a**, pesado de ejemplares; **b**, medida de longitud de manto dorsal; **c**, valoración de estado de madurez sexual con el ovario y la glándula oviductal, y observación de la presencia de espermatozoides en los oviductos y/o espermatecas.

En los muestreos a bordo de los ejemplares que son devueltos al mar por su pequeño tamaño, se anota la cantidad y el peso de los ejemplares, para estimar la población que no es muestreada por la propia pesca, al poseer una talla inferior a la comercial. Este componente de la población sería ignorado si el muestreo constase sólo de aquellos ejemplares desembarcados y destinados a la venta en lonja. El registro de estas capturas no desembarcadas solo es posible los días de buena mar, varios días fue imposible realizar dicho muestreo debido al balanceo de la embarcación.

El muestreo de juveniles de *O. vulgaris* no tiene precedentes. Este novedoso método de muestreo consiste en la cuidadosa observación de la cubierta de la embarcación de pesca para la recolección de los juveniles que se adhieren a las nansas, tanto de pulpo como de sepia, que ya llevan varios días en el mar.

En el caso de las nansas del pulpo, se efectúa la búsqueda visual en la cubierta del barco tras haber sido depositadas en la proa de la embarcación entre la tarea de levado y calado. En la tarea de levado, las nansas son apiladas en columnas de 4, tal como se muestra en la figura 8b, y se mantienen en esa posición durante un promedio de 15 minutos, tras el cual son caladas de nuevo al mar. Recién terminado la tarea de calado se realiza la tarea de búsqueda de juveniles de pequeño tamaño en la cubierta de la embarcación (Fig. 8c). Este muestreo se realizó en un rango de 15 a 32 m de profundidad.

Con las nansas de sepia, el muestreo de juveniles de *O. vulgaris* se llevó a cabo cuando estas fueron subidas y depositadas a bordo para llevar a puerto para su tarea de limpieza. Este muestreo se realiza en un rango de 6 a 8 m de profundidad.



Figura 8. Muestreo a bordo. **a**, pesado a bordo de la embarcación; **b**, nansas del pulpo apiladas en proa de la embarcación; **c**, búsqueda de juveniles de *O. vulgaris* en cubierta de la embarcación; **d**, juveniles bentónicos de *O. vulgaris* mostrando todavía la transparencia característica de su estado planctónico.

A lo largo de los muestreos, se registra la temperatura en superficie procedente de las sondas de las embarcaciones pesqueras, y la temperatura en 20 m de profundidad mediante el observatorio OBSEA de SARTI (Centro de Desarrollo Tecnológico de Sistemas de Adquisición Remota y Tratamiento de la Información, Universitat Politècnica de Catalunya). Este observatorio marino está situado en el mismo caladero de pesca y frente a las costas de Vilanova y la Geltrú, situado a 20 m de profundidad (Fig. 5).

2.3. Análisis estadístico de los datos

El registro de todos los datos se realiza con el software Microsoft Excel (Microsoft, Estados Unidos). El tratamiento de los datos, cálculos estadísticos y elaboración de gráficas se realizan con el software Microsoft Excel, Rstudio v. 1.1.447 (RStudio Inc, Estados Unidos) y JMP (SAS Institute, Estados Unidos).

Cabe destacar que es necesario tener presente los distintos tipos de muestreo realizados a lo largo del estudio a la hora de analizar los datos, aceptando la presencia de individuos de tallas inferiores a la talla comercial a partir de 26 de octubre. A partir de noviembre (Fig. 6), se muestrearon *O. vulgaris* capturados en arte de arrastre con una media de talla notablemente por debajo de lo analizado hasta entonces y también se muestreó a lo largo de varios días la población que es devuelta al mar por la flota artesanal debido a que no alcanzaban talla comercial (talla mínima 1 kg). Por esta razón, al analizar los estados de madurez sexual de las hembras con un mismo patrón anual, se excluyeron a partir de noviembre las hembras muestreadas inferiores a 750 g. Esta exclusión se realiza para poder comparar los meses de junio a agosto de 2017 y 2018 con la intención de no introducir en los análisis sesgos debidos al muestreo.

Para analizar la normalidad de las distribuciones se han analizado los datos usando el método de ji-cuadrado (). Para los análisis de varianza para más de dos grupos se calculó el análisis de varianza ANOVA, y para comparaciones entre 2 grupos se utilizó el método de t-student. Los métodos estadísticos fueron realizados con intervalos de confianza del 95 % ($\alpha = 0.05$), por lo tanto, se estimó como valores estadísticamente significativos los valores de $p < 0.05$.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización de las temperaturas en la zona de muestreo

En la figura 9 se observa las variaciones en la temperatura superficial y a 20 m de profundidad, apreciándose un gradiente de temperatura discontinuo entre junio y octubre de 2017. En el verano siguiente se registró un gradiente más continuo y de mayor magnitud a partir de inicios de junio de 2018. Entre diciembre de 2017 y mayo de 2018 se registraron las temperaturas más bajas, por debajo de los 15 °C, alcanzando en marzo valores mínimos de 12,2 °C. A partir de mayo, las temperaturas subieron hasta un máximo de 27,9 °C en agosto de 2018.

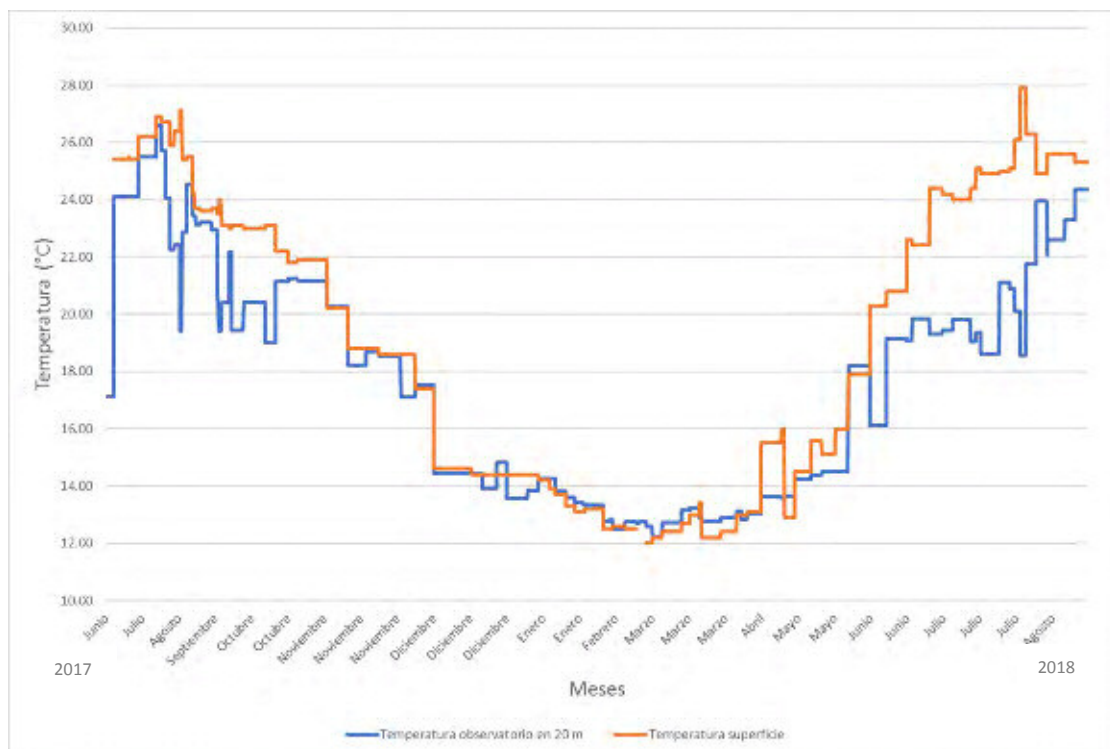


Figura 9. Temperatura registrada en superficie por embarcación y a 20 m de profundidad por el observatorio OBSEA a lo largo del estudio. La amplitud de los meses en el eje X corresponde al número de datos disponibles.

3.2. Proporción de sexos y distribuciones por tallas

En total, se muestrearon 3371 ejemplares de *O. vulgaris* desde el 16 de junio de 2017 al 28 de agosto de 2018, constando 1704 machos, 1505 hembras y 162 ejemplares sin sexar. Por artes de pesca, 776 ejemplares fueron capturados con arrastre, 826 con catufos y 1769 con nansa.

Tabla 2. Número de ejemplares muestreados mensualmente

Mes	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	TOTAL
n	28	146	87	121	275	468	322	198	230	260	194	294	204	312	232	3371

Desde junio de 2017 a agosto de 2018 se observó una proporción de sexos (SR) de 1:0.94 (macho:hembra) con diferencias significativas en la distribución a lo largo del año (ji-cuadrado, $\chi^2 = 32.76$, $p = 0.0031$). La SR de todas las muestras (Fig. 10a) muestra discrepancia en la distribución en los meses de julio 2017 (SR = 1:1.75, ji-cuadrado, $\chi^2 = 12.18$, $p = 0.0005$) y agosto de 2017 (SR = 1:0.58, ji-cuadrado, $\chi^2 = 4.37$, $p = 0.0365$).

Respecto a los distintos artes de pesca, no se obtuvo diferencias significativas en la distribución de la SR a lo largo del muestreo en la pesca de arrastre ($n = 775$, SR = 1:0.98, ji-cuadrado, $\chi^2 = 13.63$, $p = 0.136$) (Fig. 10b) ni en la pesca de nansa ($n = 1643$, SR = 1:0.88, ji-cuadrado, $\chi^2 = 26.10$, $p = 0.064$) (Fig. 10d). En cambio, si se obtuvieron diferencias significativas en la SR a lo largo del año en la pesca con catufos ($n = 771$, SR = 1:1.22, ji-cuadrado, $\chi^2 = 26.10$, $p = 0.0104$) (Fig. 10c).

En la pesca de arrastre, durante los meses de enero, abril y mayo predomina ligeramente la proporción de hembras aunque no muestran diferencias estadísticamente significativas.

La SR en ejemplares capturados con catufo muestra diferencias significativas en los meses de julio (SR = 1:2.58, ji-cuadrado, $\chi^2 = 9.84$, $p = 0.0017$) y enero (SR = 1:0.63, ji-cuadrado, $\chi^2 = 7.32$, $p = 0.0068$). A su vez, se puede observar como predominan los machos durante agosto y septiembre de 2017, y como de marzo a junio de 2018 se capturan más hembras que machos, aunque no muestran diferencias estadísticamente significativas.

En la pesca de nansa las diferencias más acusadas se aprecian entre agosto y septiembre de 2017, donde predomina la captura de machos, con una SR de 1:0.53 aunque no muestra diferencias estadísticamente significativas.

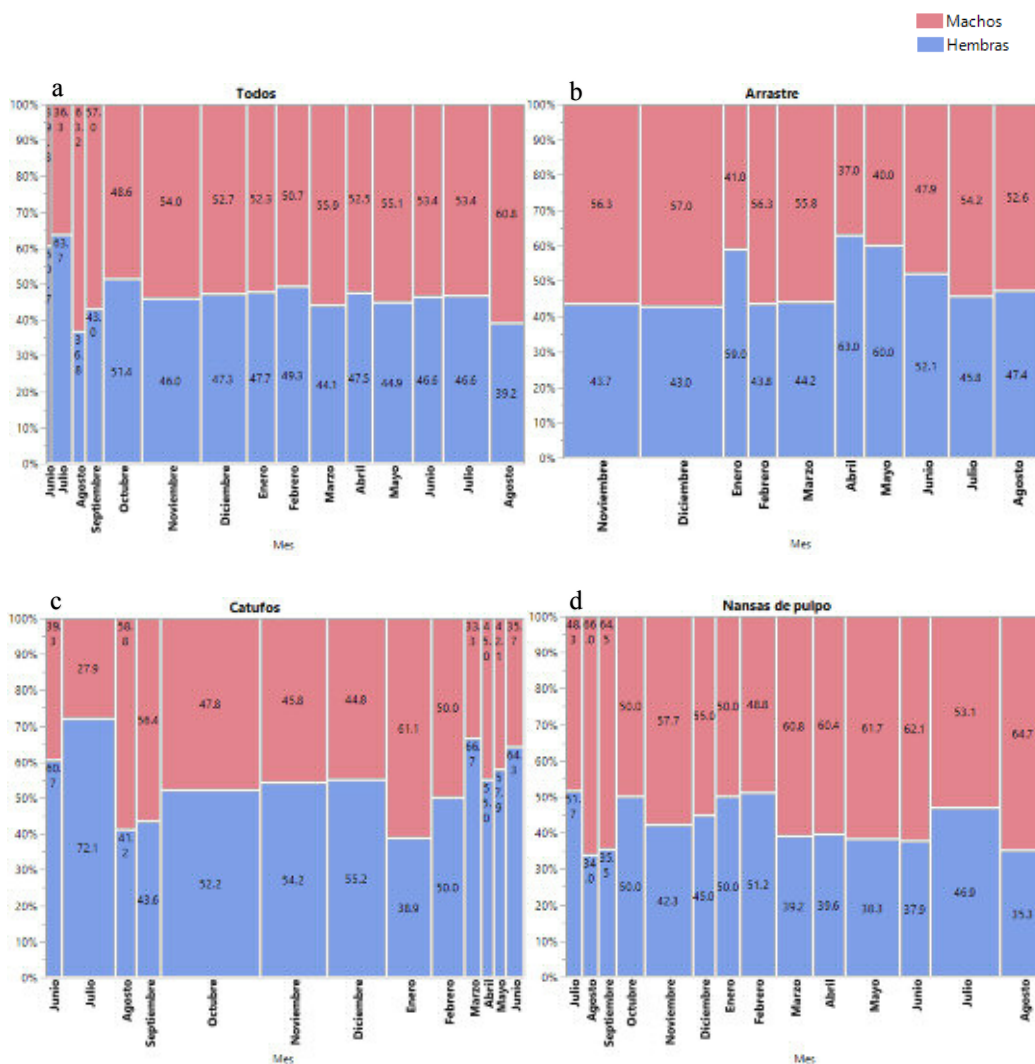


Figura 10. Proporción de sexos de los ejemplares muestreados a lo largo de los meses. **a**, todos los ejemplares del muestreo (n = 3209); **b**, arrastre (n = 775); **c**, catufos (n = 771) y **d**, nansa de pulpo (n = 1643). La anchura de las barras es proporcional al tamaño muestral.

El peso medio de los ejemplares capturados (machos 998 ± 600 g; hembras 999 ± 517 g) no muestra diferencia significativa entre ambos sexos (t-student, $t = 0.06$, $p = 0.94$). La LM (machos 128 ± 27 mm; hembras 129 ± 29 mm) sí ofrece una diferencia significativa entre sexos (t-student, $t = 2.1$, $p = 0.0360$) (Fig. 11).

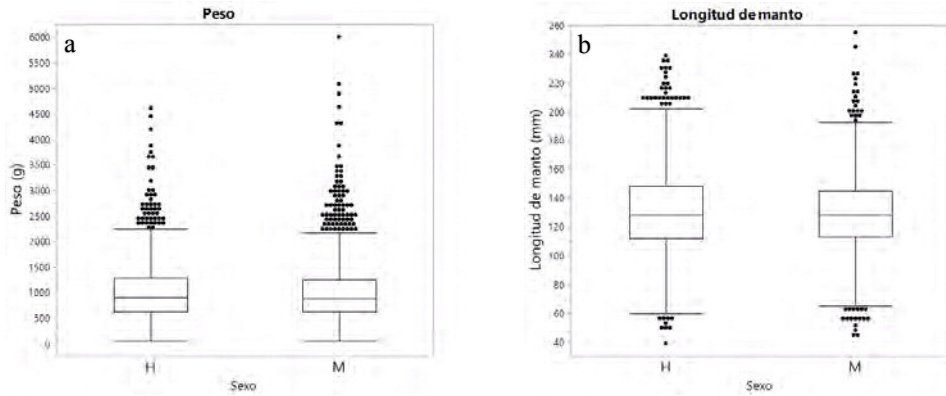


Figura 11. **a**, distribución en peso (g) y **b**, longitud de manto (mm) de todos los ejemplares muestreados. H, hembras (n = 1505); M, machos (n = 1704).

La relación entre el peso y la LM muestran un coeficiente de correlación elevada (Fig. 12), pudiendo afirmar que la variabilidad de los datos fue recogida por el modelo en un 93 % en las hembras y un 92 % en los machos.

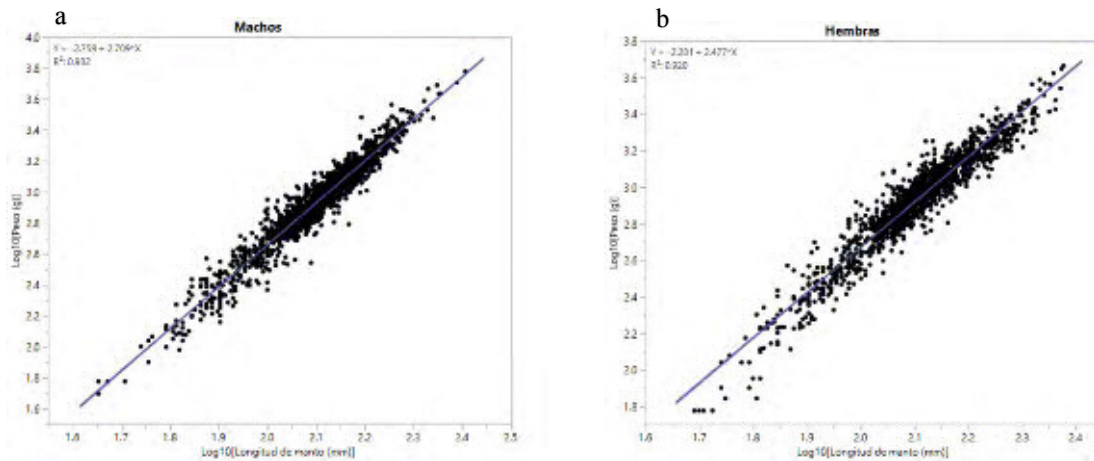


Figura 12. Relación entre logaritmo del peso y logaritmo de la longitud de manto de los ejemplares muestreados de *O. vulgaris*. **a**, machos (n = 1649) y **b**, hembras (n = 1450).

Tabla 3. Coeficiente de determinación y ecuación de ajuste

	R^2	Ecuación
Machos	0.93	Log peso = - 2.7 + 2.7 x log LM
Hembras	0.92	Log peso = -2.3 + 2.5 x log LM

La figura 13 muestra la distribución en peso de los ejemplares a lo largo de los meses, mostrando diferencias estadísticamente significativas, tanto para todo el muestreo en su conjunto (ANOVA, $F = 29.15$, $p < 0,0001$), como para el muestreo artesanal (ANOVA,

$F = 24.89$, $p < 0,0001$) y de arrastre (ANOVA, $F = 8.35$, $p < 0,0001$). Los ejemplares de mayor peso fueron muestreados durante los meses de julio y agosto de 2017 y entre abril y julio de 2018. Cabe señalar que entre junio y agosto de 2017 no se muestrearon *O. vulgaris* inferiores a 500 g ya que no se muestrearon tallas inferiores a talla mínima ni pesca procedente de barcos de arrastre. En agosto de 2018, aparecieron los ejemplares de menor peso, con un descenso claro en la media respecto los meses anteriores de junio y julio de 2018, en los cuales se desarrollaron los mismos métodos de muestreo (Fig. 6).

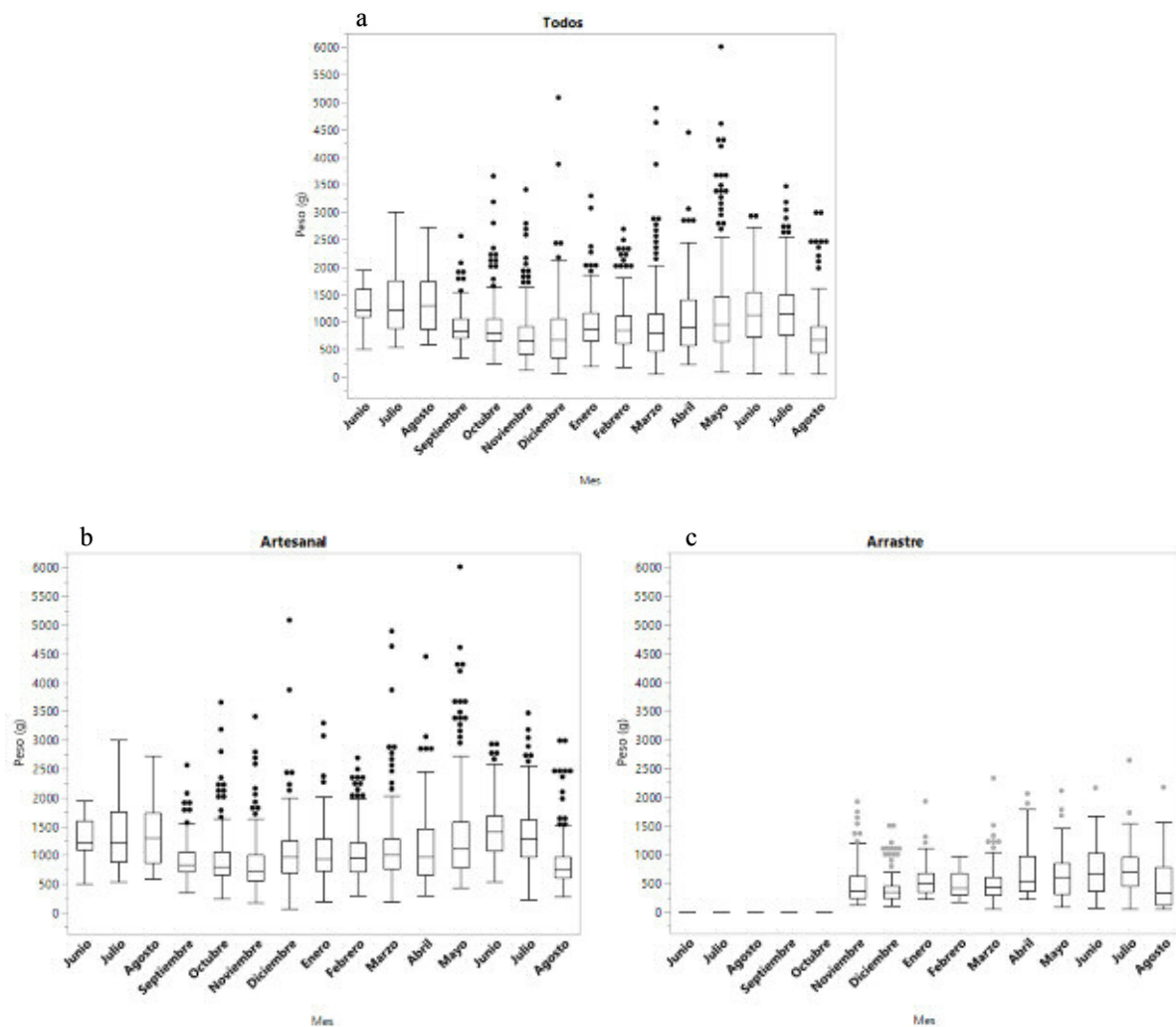


Figura 13. Diagrama de cajas indicando el peso al largo de los meses de muestreo. El nivel inferior de cada caja muestra el primer cuartil; la línea central, la mediana; y el nivel superior, el tercer cuartil. Los puntos muestran valores atípicos. **a**, todos los ejemplares ($n = 3371$); **b**, artesanal ($n = 2595$); **c**, arrastre ($n = 776$).

Existen diferencias significativas entre sexos (Fig. 14), la diferencia más notable entre sexos se aprecia en la distribución de pesos en junio de 2017 (t-student, $t = 2.42$, $p = 0.0155$) y julio de

2017 (t-student, $t = 6.22$, $p < 0.001$) donde las hembras presentan mayor peso que los machos, y en agosto de 2017 (t-student, $t = 5.35$, $p < 0.001$) donde los machos presentan mayor peso.

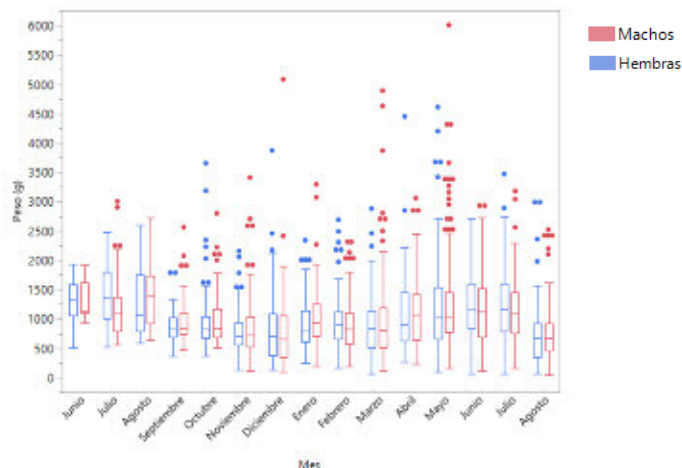


Figura 14. Diagrama de cajas por sexo y peso de los ejemplares a lo largo de los meses de muestreo. (n machos =1704); (n hembras = 1505). El nivel inferior de cada caja muestra el primer cuartil; la línea central, la mediana; y el nivel superior, el tercer cuartil.

Los pulpos capturados por arte de arrastre muestran una media en peso de 557 ± 399 g; los capturados con catufos, 1070 ± 512 g; y los capturados con nansa, 1109 ± 607 g. Se observa diferencia significativa entre los tres artes de pesca (ANOVA, $F = 296.8$, $p < 0.0001$) (Fig. 15). Los datos muestran diferencia significativa entre arrastre y catufos (t-student, $t = 22.36$, $p < 0.0001$) y entre arrastre y nansas (t-student, $t = 27.12$, $p < 0.0001$). No obstante, no hay diferencias significativas entre los artes de nansa y catufo (t-student, $t = 1.69$, $p = 0.091$).

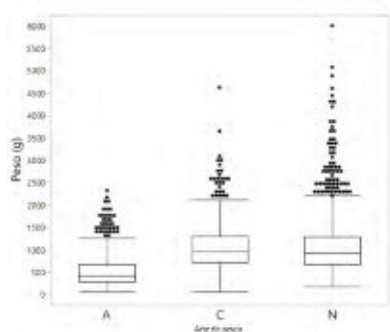


Figura 15. Diagrama de cajas mostrando la distribución en peso del total de ejemplares muestreados por los distintos artes de pesca. A, arrastre (n= 775);C, catufo (n = 771); N, nansa (n =1643). El nivel inferior de cada caja muestra el primer cuartil; la línea central, la mediana; y el nivel superior, el tercer cuartil.

En la figura 16 se puede apreciar como el peso medio de los ejemplares muestra diferencias significativas a lo largo de los meses según el arte de pesca utilizado (ANOVA, $F = 64.6$, $p < 0.0001$). Durante los meses de junio a agosto de 2017 y de abril a junio 2018 se capturan los ejemplares de mayor peso mediante catufos, a una profundidad situada alrededor de los 40 m. Desde octubre a abril, los ejemplares muestreados por este arte de pesca son capturados a menor profundidad, oscilando entre 6-12 m, con un peso medio inferior. Por otro lado, los ejemplares capturados por nansas muestran un peso medio más estable a lo largo del año y son capturados entre los 20-30 m de profundidad. El peso medio de los pulpos capturados con nansas es inferior al de los ejemplares capturados con catufos durante los meses de julio a septiembre de 2017 y de marzo a mayo de 2018.

La pesca de arrastre, sin embargo, muestra unas medias de capturas notablemente inferiores a los artes de pesca artesanales. Se aprecia también un aumento de la media de peso hacia la primavera, llegando a una media de 750 g a partir de marzo. Como se observa en la figura 16 las capturas de *O. vulgaris* por parte de la flota de arrastre se realizan a mayor profundidad que los otros artes de pesca.

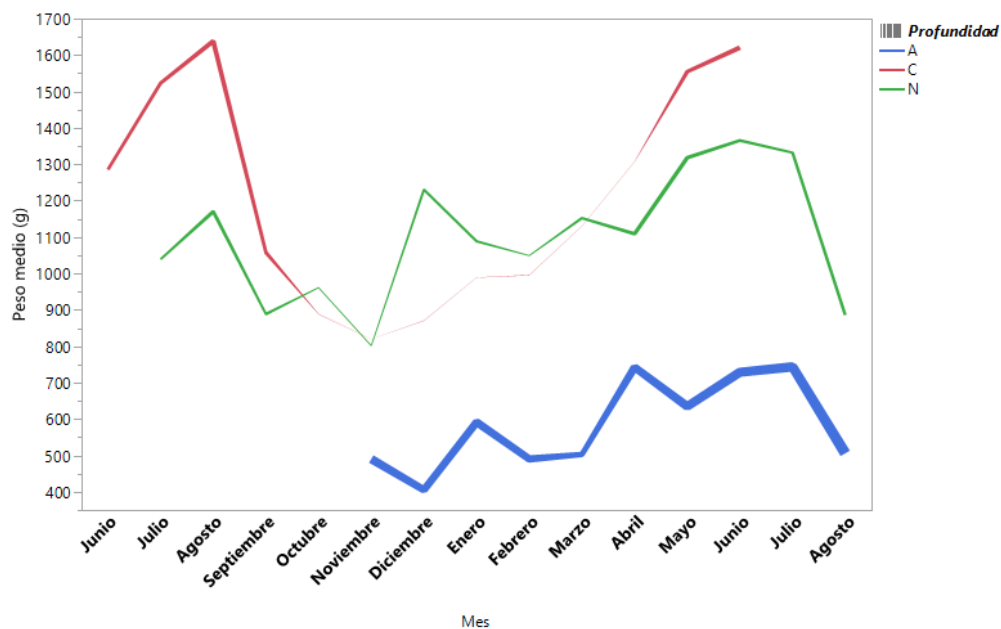


Figura 16. Peso medio de los ejemplares de *O. vulgaris* capturados por los tres artes de pesca a lo largo de todo el periodo de muestreo (de junio de 2017 a agosto de 2018). A, arrastre (n= 776); C, catufos (n= 826); N, nansa (n=1769). El grosor de cada línea es proporcional a la profundidad media de captura: menor grosor de línea indica menor profundidad.

En el muestreo de ejemplares por debajo de la talla comercial (Fig. 17) se puede apreciar un máximo porcentaje de ejemplares de *O. vulgaris* que no alcanzaron la talla mínima comercial (1 kg) durante el mes de octubre (33.3 %) y una mínima en enero (8.6 %).

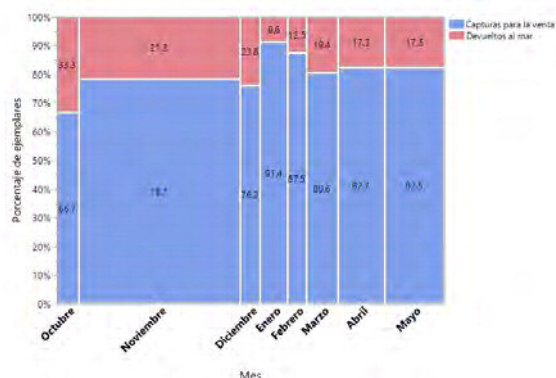


Figura 17. Porcentaje de capturas devueltas al mar por no alcanzar talla mínima. C, catufo (n = 45); N, nansa (n = 116).

3.3. Seguimiento de la población de *Octopus vulgaris* capturado con nansas de sepia

La media de capturas en nansas de sepia durante julio y agosto de 2018 (Fig. 18) muestran una diferencia significativa (ANOVA, $F = 15.83$, $p < 0,0001$) a lo largo del tiempo. No obstante, se puede apreciar que los ejemplares capturados durante este muestreo son ejemplares en su mayoría inmaduros, con un ascenso regular de la media de peso durante el mes de julio de 129 ± 135 g a 529 ± 329 g. En agosto la media de peso desciende con la captura de individuos de menor talla.

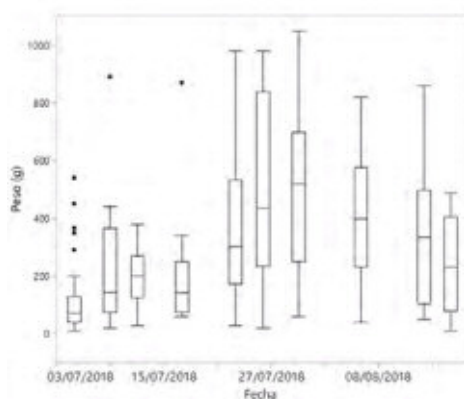


Figura 18. Distribución de *O. vulgaris* capturados con nansas de sepia en 6-8 m de profundidad entre julio y agosto de 2018 (n = 147). El nivel inferior de cada caja muestra el primer cuartil; la línea central, la mediana; y el nivel superior, el tercer cuartil.

Tabla 4. Número de ejemplares, media y desviación estándar de *O. vulgaris* capturados con nansas de sepia a 6-8 m de profundidad durante julio y agosto 2018 (n = 147).

Fecha	n	Media	σ
05-jul	30	129	135
09-jul	20	233	209
12-jul	9	201	103
17-jul	13	204	219
23-jul	12	361	264
26-jul	10	508	340
30-jul	11	529	329
06-ag	17	402	239
13-ag	12	365	261
16-ag	13	235	168

3.4. Madurez sexual en machos

La figura 19 muestra el incremento en peso para los distintos estados de madurez sexual de los machos, siendo esta diferencia significativa para los diferentes estados de madurez (ANOVA, $F = 918.11$, $p < 0,0001$). En la tabla 5 se muestran los valores correspondientes.

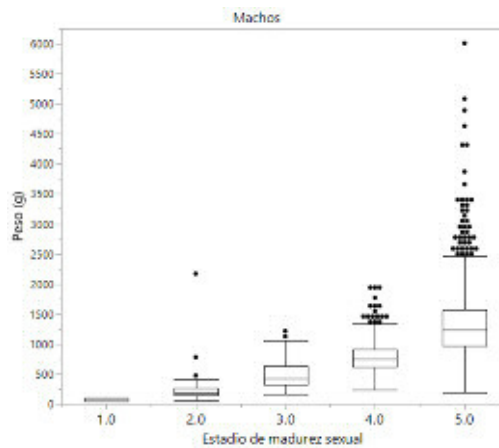


Figura 19. Distribución en peso (g) según estadios de madurez sexual en machos de *O. vulgaris* (n = 1540). El nivel inferior de cada caja muestra el primer cuartil; la línea central, la mediana; y el nivel superior, el tercer cuartil.

Tabla 5. Distribución en peso (g) y por número de ejemplares de *O. vulgaris* machos (n = 1540) en función del estadio de madurez sexual.

Estadio madurez sexual	n	Media	σ	Mínimo	Máximo
1	2	75	35.4	50	100
2	77	238	247	60	2170
3	197	486	212	157	1213
4	528	783	258	230	1970
5	736	1370	633	196	6010
6	-	-	-	-	-

Los estados de madurez avanzados de los machos predominan a lo largo de todo el año, con un descenso entre septiembre y noviembre de 2017 y en agosto de 2018 (Fig. 20), mostrando una diferencia significativa entre meses y los distintos artes de pesca (ANOVA, $F = 13.68$, $p < 0.0001$).

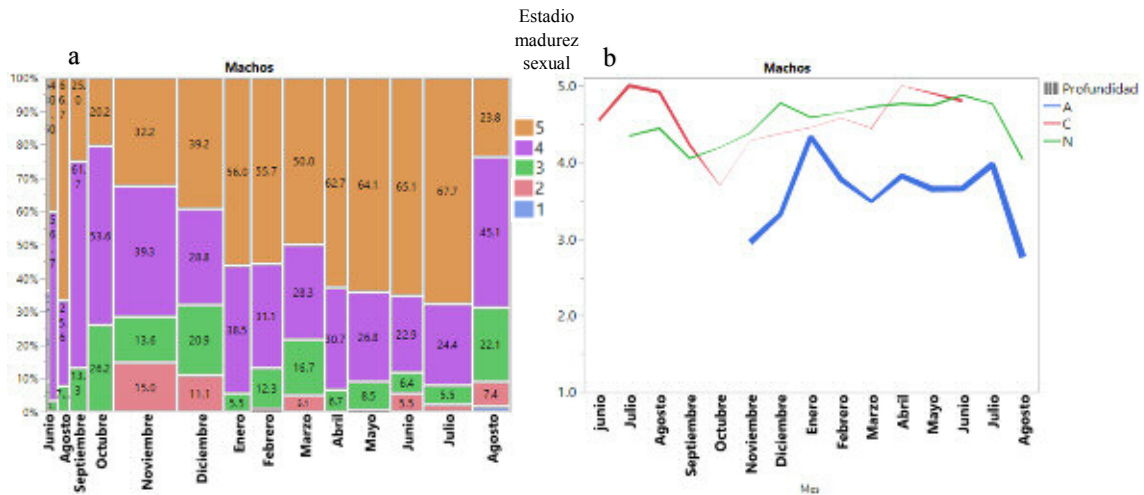


Figura 20. a, distribución de *O. vulgaris* machos por estadios de madurez sexual a lo largo de los meses de muestreo. El grosor de las barras varía en función del número de ejemplares muestreados. b, media separada por artes de pesca. A, arrastre (n = 401); C, catufo (n = 353); N, nansa (n = 943).

3.5. Madurez sexual en hembras

La distribución por peso de los diferentes estados de madurez sexual en hembras de *O. vulgaris* muestra diferencia significativa (ANOVA, $F = 897.35$, $p < 0.001$). En la tabla 6 se muestran los valores correspondientes.

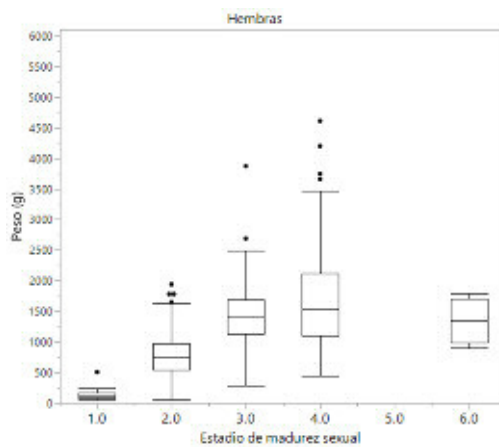


Figura 21. Distribución de peso para cada estadio de madurez sexual de las hembras de *O. vulgaris* (n = 1294). El nivel inferior de cada caja muestra el primer cuartil; la línea central, la mediana; y el nivel superior, el tercer cuartil.

Tabla 6. Distribución de peso (g) según el estadio de madurez sexual para hembras de *O. vulgaris* (n = 1294).

Estadio madurez sexual	n	Media	σ	Mínimo	Máximo
1	27	136	90	60	509
2	892	762	324	59	1941
3	205	1435	444	290	3872
4	166	1675	755	440	4610
5	-	-	-	-	-
6	4	1346	371	903	1787

En la figura 22 se puede observar como la madurez sexual en las hembras presenta una marcada estacionalidad, con diferencias significativas entre meses y los distintos artes de pesca (ANOVA, $F = 32.26$, $p < 0.0001$). Se observa la presencia de hembras en proceso de maduración durante junio de 2017 y un pico de madurez sexual entre julio, agosto y septiembre de 2017, al igual que la presencia de hembras maduras en septiembre de 2017. Entre agosto y septiembre de 2017 se encuentran dos individuos cada mes en estadio de madurez sexual 6. Entre octubre y marzo de 2018 se encuentran muy pocas hembras maduras. A partir de abril, vuelven a aparecer hembras maduras, destacando la presencia de un pico de madurez entre junio y julio de 2018.

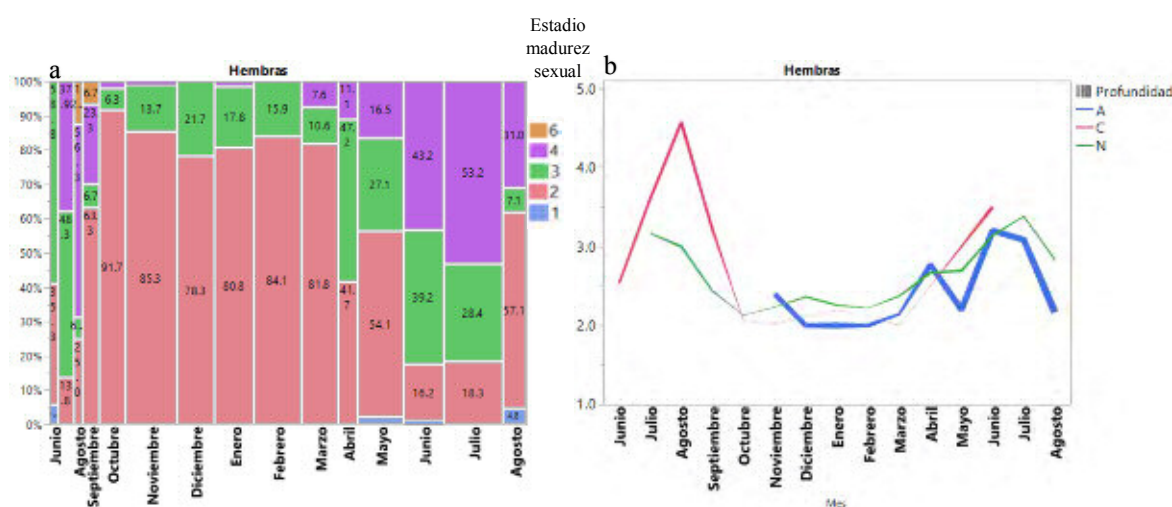


Figura 22. Distribución de *O. vulgaris* hembras por estados de madurez sexual al largo de los meses de muestreo. Se han excluido hembras inferiores a 750 g a partir de noviembre, para evitar sesgo en los datos producido por el inicio del muestreo de arrastre. **a**, porcentaje de los distintos estados de madurez sexual. El grosor de las barras varía en función del número de individuos muestreados. **b**, valores medios según artes de pesca. A, arrastre (n = 127); C, catufo (n = 344); N, nansa (n = 557).

3.6. Presencia de espermatozoides en hembras y abundancia de hembras maduras en pre-puesta

Los resultados mostrados en la figura 23 indican que un 55 % de las hembras de *O. vulgaris* inmaduras (estadios 1-2) presentan espermatozoides en el oviducto, y un 38 % en la espermateca, lo

cual es indicativo de cópulas en el pasado. En los estados de madurez de maduración (estadio 3) y maduras (estadios 4-5), el porcentaje de hembras con esperma en estas estructuras es alto, entre el 86 y el 90 % con esperma en oviducto, y entre 83 y 95 % con esperma almacenado en la espermateca.

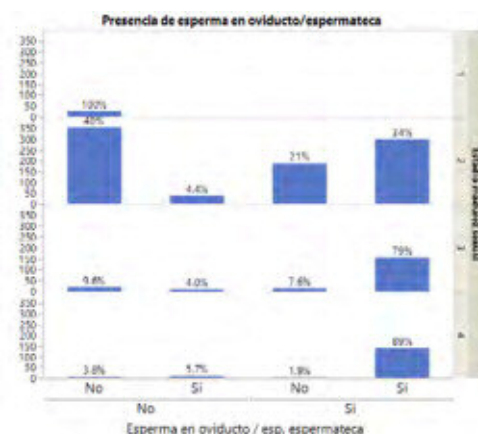


Figura 23. Presencia de esperma en el oviducto y/o en la espermateca de las hembras de *O. vulgaris*. (n = 1280)

La distribución mensual de pesos de hembras de estadio de madurez sexual 4 (pre-puesta) muestra diferencias significativas (ANOVA, $F = 5.36$, $p < 0.0001$). Las hembras maduras de menor tamaño se capturaron en septiembre de 2017 y las de mayor tamaño, en mayo 2018 (Tabla 7). En junio y diciembre de 2017 y febrero de 2018 no se obtuvo ningún ejemplar, en octubre y noviembre de 2017 y enero de 2018 solo se obtuvo un ejemplar.

Tabla 7. Distribución del peso (g) de las hembras en estadio de madurez sexual 4 (pre-puesta) a lo largo de los meses muestreados.

	n	Media	σ	Mínimo	Máximo	% Hembras
Junio	-	-	-	-	-	0
Julio	12	1221,4	555,1	595	2487	37.9
Agosto	9	1531,3	590,1	700	2590	56.3
Septiembre	7	1069	382,9	717	1770	23.3
Octubre	1	3185	0	3185	3185	2.1
Noviembre	1	1355	0	1355	1355	1
Diciembre	-	-	-	-	-	0
Enero	1	728	0	728	728	1.2
Febrero	-	-	-	-	-	0
Marzo	6	1775,3	879	612	2880	7.6
Abril	4	2252,5	452,4	1750	2850	11.1
Mayo	14	2696,4	1060	930	4610	16.5
Junio	34	1629,1	564,7	440	2710	43.2
Julio	62	1646,1	619,5	480	3470	53.2
Agosto	15	1465,3	789,4	610	2990	31

Las diferencias en el peso de las hembras de *O. vulgaris* maduras capturadas por los distintos artes de pesca (Fig. 24) muestran diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, $F = 4.42$, $p = 0.01$).

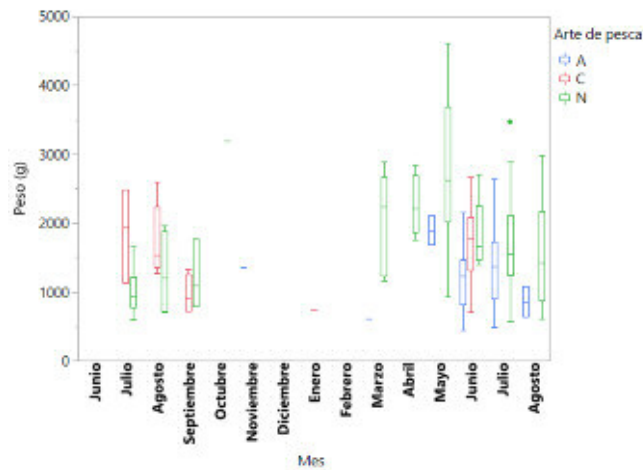


Figura 24. Capturas de *O. vulgaris* hembras en estado de madurez sexual 4 (pre-puesta) por los distintos artes de pesca. El nivel inferior de cada caja muestra el primer cuartil; la línea central, la mediana; y el nivel superior, el tercer cuartil. Azul, arrastre ($n = 23$); rojo, catufo ($n = 23$); verde, nansa ($n = 120$).

3.7. Muestreo de juveniles en asentamiento

Se ha constatado la presencia de juveniles recolectados con nansas de pulpo (17 días, $n = 41$), y con nansas de sepia (10 días, $n = 100$), entre el 22 de mayo de 2017 y el 8 de junio de 2018.



Figura 25. Presencia de juveniles recién asentados de *O. vulgaris* recolectados a bordo ($n = 141$). Las líneas horizontales de la parte superior y color muestran el periodo de muestreo según arte de pesca. Azul, capturados con nansa de la sepia; Naranja, capturados con nansa del pulpo; A, abril; M, Mayo; J, junio; A, agosto; S, septiembre; O, octubre; N, noviembre; D, diciembre; E, enero; F, febrero; M, marzo; 17, 2017; 18, 2018.

El muestreo de nansa de pulpo entre los 15 y 32 m de profundidad muestra una presencia más o menos continua de juveniles entre septiembre y abril de 2018, con un máximo entre septiembre y octubre. En las nansas de la sepia coincide en mayo de 2017 y 2018 la presencia de juveniles en 6-8 metros de profundidad, no apareciendo juveniles entre junio y agosto.

4. DISCUSIÓN

4.1. Proporción de sexos y estructura poblacional

A lo largo de los meses de muestreo, la SR media es 1:0,94, valor muy similar al 1:1 obtenido en otros estudios en la costa de Galicia (Otero *et al.*, 2007) , Islas Baleares (Quetglas *et al.*, 1998) y en el Golfo de Cádiz (Sobrino *et al.*, 2011). No obstante, se puede observar una variabilidad de la SR a lo largo de los meses, y por artes de pesca. En junio y julio de 2017 se puede observar un aumento de las capturas de hembras con los catufos, que después se invierte a un aumento de machos durante agosto y septiembre de 2017. Según Alonso-Fernández *et al.* (2017) los patrones espacio-temporales en la SR de las capturas de *O. vulgaris* probablemente se basan en diferencias en el comportamiento sexual y el ciclo de vida entre machos y hembras. Estos resultados, combinados con la presencia predominante de hembras maduras durante los meses de mayo a septiembre podría ser explicado por el comportamiento de desove de las hembras, al buscar lugares seguros donde enroscarse y anclar la puesta. Este comportamiento, junto la supresión de la alimentación durante el cuidado de la puesta, las dejaría parcialmente fuera del alcance de los artes de pesca. Según Kallianotis *et al.* (2001), las hembras maduras de *O. vulgaris* necesitarían varios días de acomodamiento y aceptación del lugar para empezar el desove, hecho que explicaría las pocas ocasiones en que los pescadores encuentran la puesta dentro de los catufos, ya que éstos se levantan regularmente. El hecho de que agosto y septiembre predomine la proporción de machos tanto en las nansas como en los catufos también puede deberse al hecho de que las hembras podrían estar escondidas para incubar las masas de huevos, o a su comportamiento post-puesta. Está descrito que las hembras fallecen a los pocos días posteriores a la eclosión de las larvas (Domain *et al.*, 2000). A su vez, los machos maduros son más longevos y muestran una mayor actividad locomotora (Wells, 1978) , lo que los convertiría más susceptibles de ser capturados.

4.2. Distribución por tallas

La presencia de pulpos por debajo de la talla comercial se constata a lo largo de todo el año, en cambio, la presencia de pulpos adultos, no. Se puede apreciar un aumento del tamaño medio de los ejemplares muestreados a partir de abril hasta agosto, con tallas máximas de mayo a julio. No obstante, estas capturas de ejemplares de gran tamaño fueron realizadas a profundidades entre los 20 y los 45 m, y no en las zonas más costeras, donde a lo largo de esos meses solo se

observaron ejemplares por debajo de la talla comercial (Fig. 18). Según Vargas-Yáñez *et al.* (2009), la temperatura parece ser un factor principal que controla la distribución y abundancia de las poblaciones de *O. vulgaris* en el Mar de Alborán. El aumento de las temperaturas estivales recogidas en la zona de muestreo podría incitar a que los pulpos emigren a aguas más profundas, donde la temperatura es menor. Esta posibilidad se ve reforzada por el hecho de que la tasa de consumo de oxígeno de *O. vulgaris* aumenta en altas temperaturas (Katsanevakis *et al.*, 2005), por lo que sería previsible un estrés térmico en aguas superficiales durante la época estival, así como una posible mayor demanda de alimento. Según Aguado Giménez & García García (2002) la temperatura óptima para crecimiento en laboratorio fue 17.5 °C, para ingesta de alimento 20 °C, y la máxima eficiencia alimentaria fue lograda a 16.5 °C. En temperaturas superiores a los 23 °C los resultados en laboratorio mostraron pérdida de peso y una eficiencia alimentaria negativa. Por esas razones, en áreas de sedimento blando, donde la disponibilidad de presas potenciales podría ser más limitada, estas variaciones térmicas mensuales podrían condicionar la distribución de *O. vulgaris* (Katsanevakis *et al.*, 2004).

Este estudio confirma las conclusiones de Tsangridis *et al.* (2002), indicando que el arte de arrastre captura los individuos de menor talla media que los demás artes de pesca. Aunque posiblemente la falta de selectividad relativa con otros artes de pesca pueda explicar en parte este hecho, varios autores han sugerido anteriormente una migración por parte de las hembras maduras hacia aguas menos profundas entre primavera y verano en el Mediterráneo (Mangold & Boletzky, 1973; Quetglas *et al.*, 1998; González *et al.*, 2011).

4.3. Madurez sexual

Los datos obtenidos sugieren que los machos maduran antes que las hembras, como relatan estudios anteriores en el Mediterráneo (Guerra, 1975). La presencia de machos maduros se ha registrado a lo largo de todo el año, sin la estacionalidad acusada propia de las hembras. Se ha observado un descenso de machos con estados de madurez sexual avanzados en octubre, coincidiendo con la entrada de una nueva cohorte comercial de menor edad y, por lo tanto, con estados de madurez sexual menos avanzados (Fig. 20). No obstante, los machos maduran a tamaños inferiores que las hembras (Guerra, 1975; Silva *et al.*, 2002) y los resultados de este estudio muestran un tamaño medio de madurez sexual para machos de 783 ± 258 g y de 1675 ± 755 g para las hembras. Resultado superior al obtenido por Gonzalez *et al.* (2011) para las hembras en aguas de Alicante con una media de 1067 g, o de 1000-1500 g en aguas del

Mediterráneo (Mangold, 1983) e inferior a los 1784 g obtenidos en aguas de Galicia (Otero et al., 2007).

Esta diferencia en estrategias de maduración sexual favorece las posibilidades de que las hembras dispongan de esperma mientras maduran, asegurando la disponibilidad del mismo aunque no haya posteriores cópulas, a la vez que también incrementan sus posibilidades de paternidad múltiple en sus puestas. Esto se ve reforzado por el hecho de que hay machos maduros durante todo el año. Estrategias de tipo promiscuo han sido sugeridas para prácticamente todas las especies de cefalópodos (Hanlon & Messenger, 1996) y la paternidad múltiple ya ha sido demostrada en *O. vulgaris* (Quinteiro et al., 2011). Además, este tipo de estrategia también ha sido descrita para el pulpo de anillos azules *Hapalochlaena maculosa* (Morse et al., 2018) en aguas australianas. Por su lado, los machos de *O. vulgaris* maduran antes, a tallas más pequeñas, de modo que pueden transferir esperma a las hembras durante una parte considerable de su vida e incrementar sus probabilidades de paternidad.

Las hembras, en contraste con los machos, presentan una marcada estacionalidad de madurez sexual entre los meses de marzo y octubre, resultado que corrobora estudios anteriores en el Mediterráneo noroeste (Tabla 8).

Tabla 8. Periodo reproductivo de *O. vulgaris* en áreas adyacentes al estudio (González et al., 2011).

AUTOR	ÁREA	PERIODO REPRODUCTIVO
Mangold-Wirz (1963)	Mediterráneo noroeste	Marzo a octubre
Mangold & Boletzky (1973)	Mediterráneo noroeste	Marzo a octubre
Guerra (1975)	Mediterráneo noroeste	Marzo a septiembre
Sánchez & Obarti (1993)	Mediterráneo noroeste	Enero a julio
Rodríguez-Rua et al. (2005)	Golfo de Cádiz	Abril a octubre
SILVA et al. (2002)	Golfo de Cádiz	Invierno-primavera y otoño
Katsanevakis & Verriopoulos (2006)	Mediterráneo nordeste	Invierno-primavera y otoño
Otero et al. (2007)	Aguas de Galicia	Diciembre a septiembre
Carvalho & Sousa-Reis (2003)	Aguas portuguesas	Invierno-primavera y otoño

El peso medio de las hembras fue aumentando desde marzo hasta mayo, mes en el cual se encontraron las hembras maduras de mayor peso del año. A partir de junio, el porcentaje de hembras maduras asciende notablemente hasta julio, a partir del cual empieza a descender. Se pueden encontrar un porcentaje superior al 20 % de hembras maduras hasta septiembre, cuando se registran los valores medios mínimos de peso. Según Mangold (1983), las hembras de *O. vulgaris* maduran a distintas tallas, sin importar si provienen de distintas áreas o de la misma población, estando la madurez condicionada principalmente por factores como la luz, la temperatura y la alimentación.

Durante el muestreo, se tuvo la suerte de poder encontrar 4 ejemplares en estado de madurez sexual 6, conocido como post-puesta, en los meses de agosto y septiembre. Teóricamente, estos ejemplares habrían finalizado el cuidado de sus puestas y fueron capturados en el breve periodo de vida entre la eclosión de la puesta y su muerte. La temperatura del agua en esos meses osciló entre 20 y 27 °C, dependiendo de la profundidad. Teniendo en cuenta la duración del desarrollo embrionario de la especie en experimentos de laboratorio (Iglesias, *et al.*, 2014) estos ejemplares habrían iniciado su puesta entre 20 y 40 días antes, coincidiendo con los meses de mayor presencia de hembras maduras entre las capturas.

4.4. Juveniles

La duración del desarrollo de las paralarvas en la columna de agua está condicionada por la temperatura (Katsanevakis *et al.*, 2006) y la frecuencia e intensidad de episodios de afloramiento en aguas de Galicia. El pico de juveniles recién asentados identificado en mayo de 2018 (Fig. 25), plantea problemas de interpretación en el contexto del ciclo reproductivo de *O. vulgaris* caracterizado a través del estudio de la madurez sexual de las hembras. El último mes con una presencia significativa de hembras maduras fue en septiembre de 2017, en octubre y noviembre la presencia de estas fue ocasional, solo el 1% de hembras muestreadas se encontraban maduras (Tabla 7). Asumiendo que estos juveniles procedan de esta población, esto indicaría que estos juveniles podrían tener alrededor de 5-7 meses de edad. Entre octubre y mayo se registró una variación de 10 °C, bajando hasta temperaturas mínimas de 12 °C (Fig. 9). Dado que la temperatura está relacionada con la duración del desarrollo embrionario (Iglesias *et al.*, 2014) y podría influir sobre la duración de la vida planctónica de las paralarvas, esto abre la puerta a que estos juveniles podrían proceder de la reproducción de hembras locales con un desarrollo embrionario y paralarvario extensos. Esta variación de temperatura a lo largo de los meses de otoño e invierno podría explicar la distribución en la entrada de reclutamiento de ejemplares de temprana edad a lo largo de todo el año. Es importante resaltar que la capacidad de dispersión de una paralarva, además de por su tamaño (Villanueva *et al.*, 2016) también está relacionada con la cantidad de tiempo que ésta permanece suspendida en el plancton, por lo que un desarrollo ralentizado como paralarva implica directamente una mayor dispersión geográfica. No obstante, no hay estudios específicos sobre la dispersión larvaria de *O. vulgaris* durante su fase planctónica.

Existe una segunda posible explicación: podría existir un posible aporte de paralarvas de la corriente predominante norte-sur proveniente del norte de Cataluña y Golfo de León, donde la

temperatura del agua y el ciclo reproductivo podría tener una estacionalidad distinta a la registrada en este estudio.

Por último, cabe mencionar una tercera explicación para la presencia del pico de juveniles de mayo de 2018. Es posible que por las características del muestreo, una parte de la población no esté siendo muestreada (por ejemplo, zonas de roca donde no faenan arrastreros, los catufos no pescan y no se suelen largar nansas; y/o rangos batimétricos en los que no se pesca pulpo) y exista una mayor presencia de hembras maduras durante el otoño e invierno que no se registran en las capturas debido a sesgos introducidos por el muestreo.

Los juveniles del pico de mayo de 2018 podrían ser la misma cohorte que se aprecia en el muestreo de nansa de sepia (Fig. 18) en el mismo área dos meses después. No obstante, la entrada de reclutamiento de tallas comerciales podría mostrar el conjunto de distintos individuos nacidos en diferentes meses, lugares y con temperaturas distintas, por lo que el estudio de esta hipótesis requeriría otros medios que van más allá del objetivo de este estudio.

4.5. El ciclo anual del pulpo común en la costa central catalana

En la figura 26 se muestra el ciclo anual del pulpo basado en las observaciones fruto de este estudio, así como las deducciones que lógicamente se derivan de los datos. Como fuentes adicionales de evidencia científica se han utilizado datos procedentes de otros estudios previos, tanto en laboratorio como estudios de marcaje y recaptura (Mangold & von Boletzky, 1973; Domain *et al.*, 2000; Fuentes & Iglesias, 2010). Como ya se ha indicado anteriormente, el muestreo no llega a abarcar todas las profundidades a lo largo de todos los meses y puede estar sujeto a sesgos inducidos por las artes de pesca, la talla mínima legal de pesca del pulpo, así como a factores socioculturales asociados a la pesca. No obstante, este estudio descriptivo constituye un punto de partida para comprender el ciclo de *O. vulgaris* en la costa central catalana a través de un punto de vista biológico-pesquero y socioeconómico.

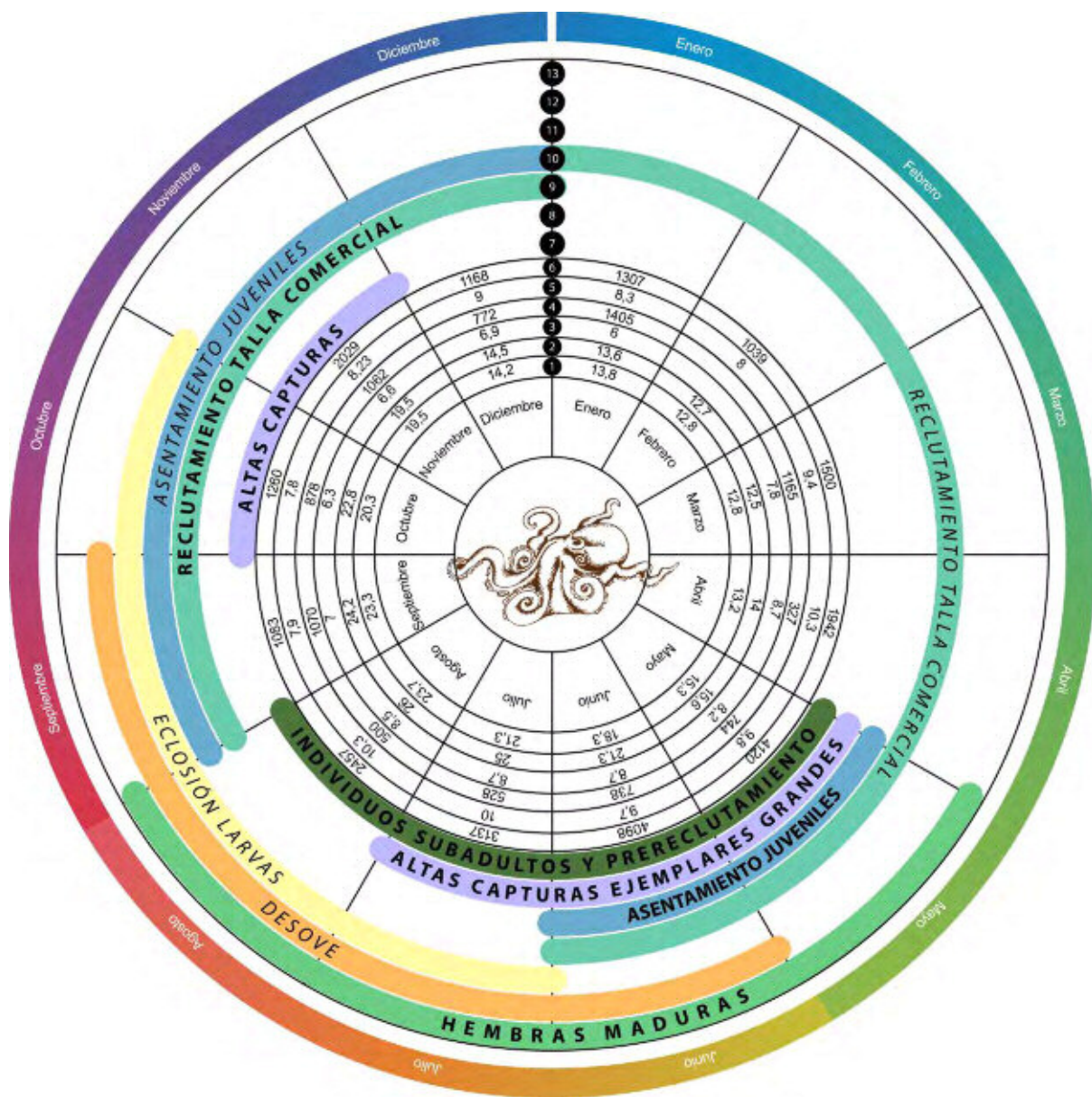


Figura 26. Modelo teórico del ciclo anual de *O. vulgaris* en base a los datos de este estudio y el conocimiento previo de la especie (Mangold & Boletzky, 1973; Domain *et al.*, 2000; Fuentes & Iglesias, 2010). **1**, temperatura media (Tm) a 20 m profundidad; **2**, Tm en superficie; **3**, precio medio de la flota arrastre (€/kg); **4**, capturas mensuales de la flota arrastre (kg); **5**, precio medio de la flota artesanal (€/kg); **6**, capturas mensuales de la flota artesanal (kg); **7**, entre 5-15 metros de profundidad; **8**, entre 20- 40 m de profundidad; **9**, entre 5-15 m de profundidad; **10 – 13**, todo el rango de profundidades. Negrita, periodos derivados de forma directa a partir del muestreo; cursiva, periodos que no se basan directamente en las observaciones del muestreo, pero sí en deducciones lógicas basadas en el conocimiento de la biología de la especie. En febrero, las filas 3 y 4 están vacías debido a la paralización temporal de pesca de la flota de arrastre (veda).

5. CONCLUSIONES

A través de este muestreo continuo de 15 meses de duración en la costa central catalana podemos confirmar que existe un periodo de madurez sexual definido para las hembras de *O. vulgaris*, comprendido entre marzo y octubre, con un pico de madurez situado entre junio y agosto. La presencia de machos en estados de madurez sexual avanzados es estable a lo largo de todo el año. Dado que las hembras son capaces de acumular esperma durante periodos prolongados, queda asegurada la fertilización de sus oocitos cuando éstas alcanzan la madurez sexual, además de posibilitar la paternidad múltiple de las puestas. En base a los datos del presente muestreo, la mayor parte de las puestas se producirían entre junio y octubre (Fig. 26). Dado que el desarrollo embrionario y paralarvario se ve notablemente modulado por la temperatura (Iglesias *et al.*, 2014) y existen diferencias importantes en este factor ambiental en la zona litoral objeto de estudio, ello puede incrementar el periodo efectivo en el cual se produce el asentamiento de paralarvas y la incorporación efectiva de juveniles de talla comercial a la población explotada. Durante mayo, junio y julio, se registran las capturas de los ejemplares de mayor tamaño por parte de la flota artesanal, al mismo tiempo que la mayor cantidad de capturas y precios anuales más elevados. Las capturas de ejemplares de gran tamaño empiezan a ser esporádicas en agosto, y a partir de octubre se registra un reclutamiento de talla legal pesquera en aguas someras que es explotado por la flota artesanal. Los ejemplares capturados por la flota de arrastre presentan un menor tamaño medio que los pescados por la flota artesanal.

Es posible sospechar que diversos factores de origen ambiental y antropogénico pueden crear variaciones interanuales sobre la estructura poblacional y ciclo reproductor de *O. vulgaris* diferentes de los observados durante el presente estudio. Así mismo, cabe señalar que está prevista la continuidad del presente muestreo durante los próximos 2 años en la misma zona de estudio. Por ello, es de esperar que futuros análisis de diferentes ciclos anuales consecutivos y su relación con las variables ambientales y pesqueras registradas puedan ofrecer herramientas para la gestión sostenible de este recurso.

6. AGRADECIMIENTOS

El muestreo de arrastre y pesca artesanal ha sido financiado por la Direcció General de Pesca i Afers Marítims, Generalitat de Catalunya, y dirigido desde el Institut de Ciències del Mar (CSIC). Agradecimiento a los directores Roger Villanueva y Fernando A. Fernández-Álvarez por su paciencia, ayuda y conocimiento. A los pescadores y la cofradía de Vilanova y la Geltrú por su incondicional ayuda, en especial a Joan “Calavera” de la Nova Ruth, a padre e hijo Germi y a Manolo del Isben por dejar muestrear sus pulpos de manera altruista y colaborando con este proyecto. A Albert Bardi del Domingo por prestarme su registro de temperaturas superficiales. A los patrones y marineros de las embarcaciones de arrastre que han vendido sus pulpos, en especial a Esteban y Llepu de la Silvia y Beni por su colaboración. A Josep “Cabosa” por hacerme de escribiente con los datos en tantas ocasiones. Agradecimientos a mi hermano Eduard por ayuda en el diseño de la figura del ciclo anual. Especiales agradecimientos a mi padre y patrón Eduardo Escolar por permitirme dejar repetidamente la faena y estar evaluando y midiendo ejemplares para ampliar los datos de este estudio, igual que por irme a estudiar o hacer labores de muestreo mientras había faena en la embarcación y por contagiarme este amor y respeto por el mar y todos los seres que viven en él. Sin su apoyo, junto con el de mi madre, nunca se hubiese escrito esta pequeña memoria.

A todos, GRACIAS.

7. REFERENCIAS

- Aguado Gimenez, F. & García García, B. (2012) 'Growth and food intake models in *Octopus vulgaris* Cuvier (1797): influence of body weight, temperature, sex and diet', *Aquaculture International*, 10, pp. 361–377.
- Alonso-Fernández, A., Otero, J., Bañón, R., Campelos, J., Santos, J. & Mucientes, G. (2017) 'Sex ratio variation in an exploited population of common octopus: ontogenic shifts and spatio-temporal dynamics', *Hydrobiologia*, 794(1), pp. 1–16.
- Cuccu, D., Mereu, M., Porcu, C., Follesa, M.C., Cau, AL., & Cau, A. (2013) 'Development of sexual organs and fecundity in *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 from the Sardinian waters (Mediterranean Sea)', *Mediterranean Marine Science*, 14(2), pp. 270–277.
- Domain, F., Jouffre, D. & Caverivière, A. (2000) 'Growth of *Octopus vulgaris* from tagging in Senegalese waters', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80(4), pp. 699–705.
- Fuentes, L. & Iglesias, J. (2010) 'Release experiments with *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 in galicia, nw spain. first results on recapture rate, distribution and growth', *Vie et Milieu*, 60(1), pp. 65–71.
- Garcia-Martinez, M., Moya, F., González, M., Torres, P., Farzaneh, S. & Vargas-Yáñez. M. (2018) 'Comparative Pattern of *Octopus vulgaris* Life Cycle with Environmental Parameters in the Northern Alboran Sea (Western Mediterranean Sea) ', *Turkis Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, pp. 247-257.
- González, M., Barcala, E., Perez-Gil, J. L., Carrasco, M. N., and Garcia-Martinez, M. C. (2011) 'Fisheries and reproductive biology of *Octopus vulgaris* (Mollusca: Cephalopoda) in the Gulf of Alicante (Northwestern Mediterranean)', *Mediterranean Marine Science*, 12(2), pp. 369–389.
- Guerra, A., (1975) 'Determinación de las diferentes fases del desarrollo sexual de *Octopus vulgaris* Lamarck, mediante un índice de madurez', *Investigación Pesquera*, 2(39), pp. 397 - 416.
- Hanlon , R. & Messenger, J. (1996). 'Cephalopod behaviour'. Cambridge University Press.

- Hernández-urcera, J. & Guerra, Á. (2014) ‘La reproducción del pulpo’, *Investigación y ciencia*, pp 40-41.
- Iglesias, J., Otero, J. J., Moxica, C., Fuentes, L., and Sánchez, F. J. (2004) ‘The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions for larval rearing using Artemia and Zoeae, and First Data on Juvenile Growth up to 8 Months of Age’, *Aquaculture International*, 12, Issue 4–5, pp. 481–487.
- Jereb, P., Allcock, L., Lefkaditou, E., Piatkowski, U., Hastie, L. & Pierce, G. (2015), ‘Cephalopod biology and fisheries in Europe: II. Species Accounts’, *ICES Cooperative Research Report*, 325, pp. 13-28.
- Kallianotis, A., Vidoris, P. & Kokkinakis, A. (2001) ‘Common octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) coastal fishery, during the peak of species reproduction’, *Rapports de la Commission Internationale de la Mer Méditerranée*, 36, p. 279.
- Katsanevakis, S. & Verriopoulos, G. (2004) ‘Den Ecology of *Octopus vulgaris* on soft sediments availability and types of shelter’, *Scientia Marina*, 68(1), pp. 147–157.
- Katsanevakis, S., Protopapas, N., Miliou, H., Verriopoulos, G. (2005) ‘Effect of temperature on specific dynamic action in the common octopus, *Octopus vulgaris* (Cephalopoda)’, *Marine Biology*, 146(4), pp. 733–738.
- Katsanevakis, S. & Verriopoulos, G. (2006) ‘Modelling the effect of temperature on hatching and settlement patterns of meroplanktonic organisms: the case of the octopus’, *Scientia Marina*, 70(4), pp. 699–708.
- Leis, J. M. (2006) ‘Are Larvae of Demersal Fishes Plankton or Nekton?’, *Advances in Marine Biology*, 51(06), pp. 57–141.
- Mangold -Wirz, K. (1963) ‘Biologie des cephalopods benthiques et nectoniques de la Mer Catalane’, *Vie et Milieu*, 13(Suppl.), pp. 1–285.
- Mangold, K. & von Boletzky, S. (1973) ‘New data on reproductive biology and growth of *Octopus vulgaris*’, *Marine Biology*, 19(1), pp. 7–12.
- Mangold, K.M. (1983). ‘*Octopus vulgaris*’, *Cephalopod Life Cycles*, vol. 1. Academic Press, London, UK, pp. 335–364.

Morse, P., Huffard, C. L., Meekan, M., McCormick, M. & Zenger, K. (2018) 'Mating behaviour and postcopulatory fertilization patterns in the southern blue-ringed octopus, *Hapalochlaena maculosa*', *Animal Behaviour*. Elsevier Ltd, 136, pp. 41–51.

Olmos-Pérez, L., Roura, A., Pierce, G. J., Boyer, G., & González, Á. (2017) 'Diet composition and variability of wild *Octopus vulgaris* and *Alloteuthis media* (cephalopoda) paralarvae: A metagenomic approach', *Frontiers in Physiology*, 24.

Otero, J. *et al.* (2007) 'Reproductive cycle and energy allocation of *Octopus vulgaris* in Galician waters, NE Atlantic', *Fisheries Research*, 85(1–2), pp. 122–129.

Otero, J., González, A. F., Sieiro, M. P., and Guerra, Á. (2008) 'Bottom-up control of common octopus *Octopus vulgaris* in the Galician upwelling system, northeast Atlantic Ocean', *Marine Ecology Progress Series*, 362(Rodhouse 2001), pp. 181–192.

Passarella, K. C. & Hopkins, T. L. (1991) 'Species composition and food habits of the micronektonic cephalopod assemblage in the eastern Gulf of Mexico', *Bulletin of Marine Science*, 49(1-2), pp. 638-659.

Quetglas, A., Alemany, F., Carbonell, A., Merella, P. and Sánchez, P. (1998) 'Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean)', *Fisheries Research*, 36(2–3), pp. 237–249.

Quinteiro, J, Baibai, T., Oukhattar, L., Soukri, A., Seixas, P. & Rey-Méndez, M. (2011) 'Multiple paternity in the common octopus *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797), as revealed by microsatellite DNA analysis', *Molluscan Research*, 31(1), pp. 15–20.

Sánchez, P. & Martín, P. (1993) 'Population dynamics of the exploited cephalopod species of the Catalan Sea (NW Mediterranean)', *Scientia Marina*, 57(2-3), pp. 153-159.

Silva, L., Sobrino, I. & Ramos, F. (2002) 'Reproductive biology of the common octopus, *Octopus vulgaris*, 1791 (Cephalopoda: Octopodidae) in the Gulf of Cadiz (SW Spain)', *Bulletin of Marine Science*, 71(2), pp. 837–850.

Sobrino, I. Juarez, A., Rey, J., Romero, Z. & Baro, J. (2011) 'Description of the clay pot fishery in the Gulf of Cadiz (SW Spain) for *Octopus vulgaris*: Selectivity and exploitation pattern', *Fisheries Research*. Elsevier B.V., 108(2–3), pp. 283–290.

- Sonderblohm, C. A. P. (2015) 'Dinâmica das Pescas e Gestão Participativa do polvo vulgar (*Octopus vulgaris*) capturado pela frota de covos e alcatruzes no Sul de Portugal'. Tesis doctoral Universidad de Algarve (Portugal).
- Tsangridis, A., Sánchez, P. & Ioannidou, D. (2002) 'Exploitation patterns of *Octopus vulgaris* in two Mediterranean areas*', *Scientia Marina*, 66(1), pp. 59–68.
- Vargas-Yáñez, M., Moya, F., García-Martínez, M., Rey, J., González, M., and Zunino, P. (2009) 'Relationships between *Octopus vulgaris* landings and environmental factors in the northern Alboran Sea (Southwestern Mediterranean)', *Fisheries Research*, 99(3), pp. 159–167.
- Villanueva, R. (1995) 'Experimental rearing and growth of planktonic *Octopus vulgaris* from hatching to settlement', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52, pp. 2639–2650.
- Villanueva, R. & Norman, M., (2008) 'Biology of the planktonic stages of benthic octopuses', *Oceanography and Marine Biology; An annual Review*, 46, pp. 105-202.
- Villanueva, R., Vidal, E.A.G., Fernández-Álvarez, F.A. & Nabhitabhata, J. (2016) 'Early mode of life and hatchling size in cephalopod molluscs: Influence on the species distributional ranges', *PLoS ONE*, 11(11), pp. 1–27.
- Wells, M. J. (1978) 'Octopus : physiology and behaviour of an advanced invertebrate'. London: Chapman and Hall ; New York : distributed in the U.S.A. by Halsted Press.
- Young, R. E. (1988) 'Cephalopod terminology', *Malacologia* 29(1), pp. 201–207.

8. ANEXO



Figura 1. Catufo de plástico y de cerámica



Figura 2. Nansas de sepia.

Table 2. *Octopus vulgaris*: macroscopic (M) and histological (H) description of the male gonad at different maturity stages.

Stage	Description
Immature 1	M: Small and translucent reproductive apparatus. Thin and flat testis (TE) and spermatophoric complex (SC). Vas deferens (VD) and Needham's Sac (SS) not visible (Fig. 2M).
	H: Seminiferous tubules small, but well defined. Only spermatogonia (SPG) are present (Fig. 2S).
Developing 2	M: Ivory TE and semitransparent SC with VD and SS visible and empty (Fig. 2N).
	H: Inside the seminiferous tubules, bigger than those from the previous stage, the spermatogenesis is active: SPG, numerous primary and secondary spermatocytes (SPCI and SPCII), spermatids (SPD) and few spermatozoa (SPZ) (not in all tubules) (Fig. 2T).
Maturing 3	M: Ivory and spherical TE. White VD and SS with few tentative spermatophores inside (Fig. 2O).
	H: Seminiferous tubules clearly defined with all germ cells. SPZ more evident and visible in all tubules; they are grouped around the lumen of the tubules with the flagella towards the centre (Fig. 2U).
Mature 4	M: Creamy-white large TE and VD. Spermatophores packed in SS (Fig. 2P).
	H: Seminiferous tubules large and well distinct without empty spaces between cells. Presence of all types of cells; abundant SPZ in the central lumen (Fig. 2V).
Spawning 5	M: Greyish TE. SS with reddish areas and packed spermatophores inside (Fig. 2Q).
	H: Seminiferous tubules large and well defined. Presence of all types of cells with some empty spaces between them. Abundant SPZ in the central lumen (Fig. 2W).
Post spawning 6	M: Flaccid greyish TE. SS empty or with some residual spermatophores (Fig. 2R).
	H: Wide spaces inside the tubules. Only few SPCI, SPCII and SPD. SPZ dispersed throughout the seminiferous tubules (Fig. 2X).

TE, testis; SC, spermatophoric complex; VD, vas deferens; SS, Needham's Sac; SPG, spermatogonium; SPCI, primary spermatocyte; SPCII, secondary spermatocyte; SPD, spermatid; SPZ, spermatozoa.

Figura 3. Descripción estados de madurez sexual para los machos de *O. vulgaris*, extraído de Cuccu et al. (2013).

Table 1. *Octopus vulgaris*: macroscopic (M) and histological (H) description of the female gonad at different maturity stages.

Stage	Description
Immature 1	M: small and translucent reproductive apparatus. Oocytes hardly visible in the ovary. Oviducts meander not visible and small oviducal gland (OG) (\emptyset : 0.36-3.80 mm) (Fig. 2A).
	H: oogonia (OO: 7.0-16.8 μ m) and early primary oocytes (EPO: 23.8-85.2 μ m) in the germinal epithelium. EPO associated with one or several follicular cells, oval in shape located on the connective tissue (Fig. 2G). In OG the spermathecae (SP) are empty and show simple ciliated epithelium (Fig. 3A).
Developing 2	M: whitish-creamy ovary not reaching the posterior half of the mantle cavity. Small oocytes (\leq 2.80 mm) clearly visible. Oviducts meander visible. Developing and creamy OG (\emptyset : 4.20-6.89 mm), could show a thin white denticulate apical region (Fig. 2B).
	H: OO, EPO, and late primary oocytes (LPO: 140.2-220.4 μ m) surrounded by a layer of flat follicle cells and with some lipid inclusions (LI). Previtellogenic oocytes, (PVO: 190.4-648.0 μ m) with a double layer of follicular cells; in some cases the follicle forms a syncytium (F) (Fig. 2H). In OG, two glandular compartments (outer strongly eosinophilic, OR and inner, weakly eosinophilic IR) separated by a thin basal lamina are visible. SP with few spermatozoa (SPZ) (Fig. 3B).
Maturing 3	M: yellowish ovary, occupying the whole posterior half of mantle cavity, containing reticulated oocytes at different sizes (\leq 3.40 mm). Oviducts fully developed but empty. Creamy OG (\emptyset : 6.93-9.80 mm) displaying the white denticulate apical region followed by a light brown ring (Fig. 2C).
	H: abundant vitellogenic oocytes (VO, 876.5-1396.3 μ m). The follicular epithelium active in vitellogenesis and in the formation of a chorion. PVO, LPO, OO are also present (Fig. 2I). In OG the two glandular regions (OR and IR) are separated by a thick basal lamina (BL). SP full of SPZ with their heads within the mucosa (Fig. 3C, D).
Mature 4	M: yellow ovary, occupying the whole posterior half of mantle cavity, containing oocytes at different sizes (\leq 4.0 mm) with a high percentage of large reticulate (3.0-4.0 mm) ones. Oviducts fully developed but empty. Creamy OG (\emptyset : 9.80-16.31 mm) with enlarged white denticulate apical region and brown ring (Fig. 2D).
	H: abundant advanced vitellogenic oocytes (AVO, 879-3980 μ m) surrounded by a well developed chorion and with yolk granules (Y) in the cytoplasm (Fig. 2J). All types of oocytes are present. OG as before (Fig. 3E, F).
Spawning 5	M: yellow ovary containing oocytes at different sizes (\leq 4.0 mm) with large reticulate oocytes (3.0-4.0 mm). Some smooth oocytes (4.0 mm) free in the <i>coelom</i> . Thick oviducts with smooth oocytes inside. Creamy OG (\emptyset : 11.90-14.45 mm) as before but with the brown ring slightly darker (Fig. 2E).
	H: abundant AVO and presence of other types of oocytes in the ovary. Ripe oocytes (RO: 2884-3998 μ m) free in the <i>coelom</i> and in the proximal part of the oviducts. RO issued by the preovulatory follicle with the cytoplasm filled by yolk granules and the folds completely reabsorbed, involved and protected by the chorion; they have a peduncle (P) (Fig. 2K). OG as before (Fig. 3G, H).
Post spawning 6	M: brownish ovary. Few smooth oocytes could be present in the <i>coelom</i> . Enlarged oviducts with few smooth oocytes or empty. Shrunken OG (\emptyset : 2.83-4.80 mm) darker in colour (Fig. 2F).
	H: ovarian tissue with post-ovulatory follicles (POF) and atretic oocytes (AO). In AO, disorganized follicular epithelium and chorion fragments (Fig. 2L). Occasionally RO free in the <i>coelom</i> . In OG, the glandular components less compact with a wide lumen. SP almost empty, with residual SPZ (Fig. 3I, L).

OG, oviducal gland; OO, oogonium; EPO, early primary oocyte; SP, spermathecae; LPO, late primary oocyte; LI, lipid inclusion; PVO, previtellogenic oocyte; F, syncytium; OR, outer region; IR, inner region; SPZ, spermatozoa; VO, vitellogenic oocyte; BL, basal lamina; AVO, advanced vitellogenic oocyte; Y, yolk granules; RO, ripe oocyte; P, peduncle; POF, post-ovulatory follicles; AO, atretic oocyte.

Figura 4. Descripción estados de madurez sexual para las hembras de *O. vulgaris*, extraído de Cuccu et al. (2013)

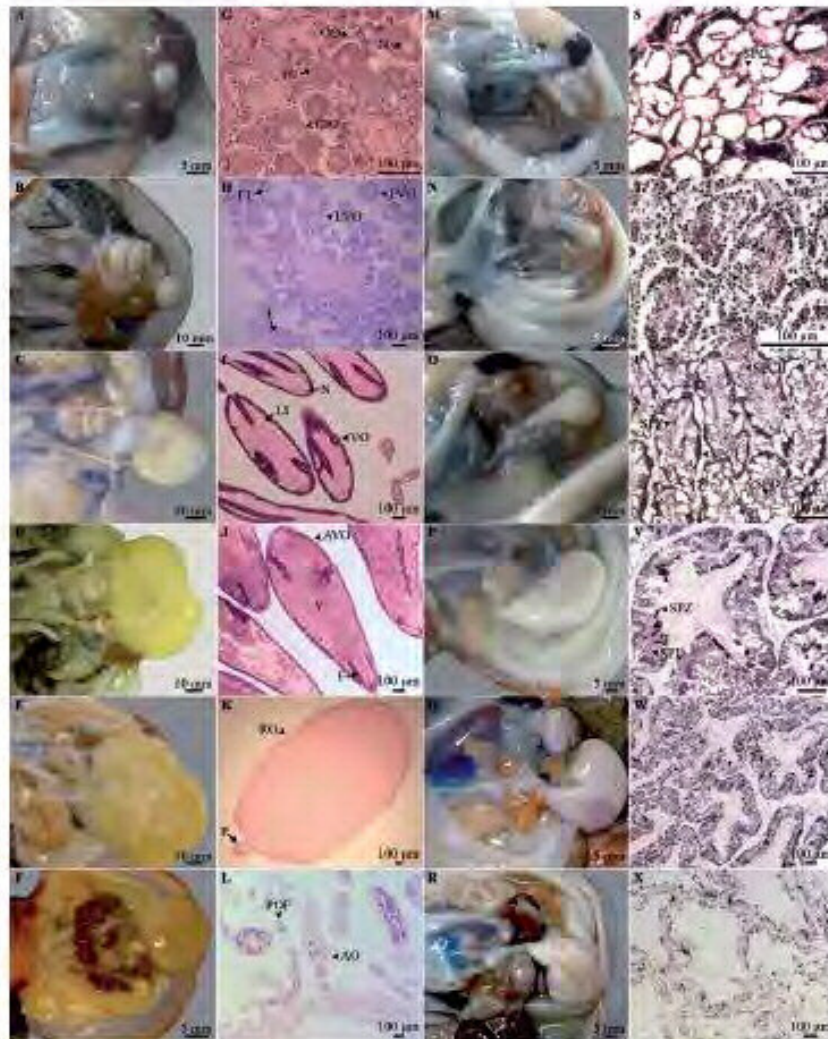


Fig. 2: *Octopus vulgaris*: macroscopic (females: A, B, C, D, E, F; males: M, N, O, P, Q, R) and microscopic photos at six maturity stages (females: G, H, I, J, K, L; males: S, T, U, V, W, X). A, G, M, S: stage 1; B, H, N, T: stage 2; C, I, O, U: stage 3; D, J, P, V: stage 4; E, K, Q, W: stage 5; F, L, R, X: stage 6. OO, Oogonium; EPO, early primary oocyte; LPO, late primary oocyte; PVO, previtellogenic oocyte; VO, vitellogenic oocyte; AVO, advanced vitellogenic oocyte; RO, ripe oocyte; POF post-ovulatory follicle; AO, atretic oocytes; F, fold; FC, follicular cells; LI, lipid inclusion; N, nucleoli; P, peduncle; Y, yolk granules; SPG, spermatogonium; SPD, spermatid; SPCI, primary spermatocyte; SPCII, secondary spermatocyte; SPZ, spermatozoa.

Figura 5. Imágenes de los distintos estados de madurez sexual de hembras y machos de *O. vulgaris*, extraído de Cuccu et al. (2013)