

La reproducción del pulpo (*Octopus vulgaris*) y el choco (*Sepia officinalis*) en la costa andaluza



Consejería de Agricultura y Pesca

**LA REPRODUCCIÓN DEL PULPO
(*Octopus vulgaris*) Y EL CHOCO
(*Sepia officinalis*) EN LA COSTA
ANDALUZA**

LA REPRODUCCIÓN DEL PULPO (*Octopus vulgaris*) Y EL CHOCO (*Sepia officinalis*) EN LA COSTA ANDALUZA

© **Edita:** JUNTA DE ANDALUCÍA. **Consejería de Agricultura y Pesca**

© de los textos, los autores

Publica: Viceconsejería. *Servicio de Publicaciones y Divulgación.*

Colección: Pesca y Acuicultura

Serie: Recursos Pesqueros

Autor/es: Tirado Narváez C., Rodríguez de la Rúa Franch A., Bruzón Gallego M^a A., López Linares J.I., Salas Casanova C., Márquez Pacual I.

Ilustraciones: Autores

P.V.P: 12 €

I.S.B.N.: 84-8474-099-4

Depósito Legal: SE. 1.900 - 2003

Maquetación e impresión: J. de Haro Artes Gráficas, S.L. Parque Ind. P.I.S.A., Mairena del Aljarafe • Sevilla

LA REPRODUCCIÓN DEL PULPO (*Octopus vulgaris*) Y EL CHOCO (*Sepia officinalis*) EN LA COSTA ANDALUZA

Autores:

Cristina Tirado Narváez ()***

Ana Rodríguez de la Rúa Franch ()***

María Ángeles Bruzón Gallego (*)

José Ignacio López Linares (*)

Carmen Salas Casanova (**)

Ildefonso Márquez Pacual (*)

(*) Consejería de Agricultura y Pesca (C.A.P.)

(**) Universidad de Málaga.

(***) Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía (D.A.P.)

ÍNDICE

LA REPRODUCCIÓN DEL PULPO (*Octopus vulgaris*) Y EL CHOCO (*Sepia officinalis*) EN LA COSTA ANDALUZA

PRESENTACIÓN	11
PREÁMBULO	13
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. ANTECEDENTES	15
1.2. PULPO DE ROCA (<i>Octopus vulgaris</i>, Cuvier, 1797)	16
1.2.1. Descripción de la especie	16
1.2.2. Descripción del aparato reproductor	17
1.2.3. Características generales de la reproducción	20
1.2.4. Métodos de estudio de la reproducción	21
1.3. SEPIA COMÚN O CHOCO (<i>Sepia officinalis</i>, Linnaeus, 1758) ..	22
1.3.1. Descripción de la especie	22
1.3.2. Descripción del aparato reproductor	25
1.3.3. Características generales de la reproducción	28
1.3.4. Métodos de estudio de la reproducción	30
1.4. ÁREA DE ESTUDIO	31
2. MATERIAL Y MÉTODOS	33
2.1. OCTOPUS VULGARIS	33
2.1.1. Material biológico	33
2.1.2. Métodos de muestreo	33
2.1.3. Métodos de laboratorio	34
A. Disección	34
B. Procesamiento histológico de las muestras	35
2.1.4. Escalas de madurez sexual	37
2.2. SEPIA OFFICINALIS	44
2.2.1. Material biológico	44
2.2.2. Métodos de muestreo	44
2.2.3. Métodos de laboratorio	45

A. Disección.....	45
B. Procesamiento histológico de las muestras.....	46
2.2.4 Escalas de madurez sexual.....	46
2.3. TRATAMIENTO DE DATOS.....	54
3. RESULTADOS Y CONCLUSIÓN.....	59
3.1. OCTOPUS VULGARIS DE LA REGIÓN SURATLÁNTICA.....	59
3 1.1. Resultados.....	59
3.1.1.1. <i>Determinación de la proporción de sexos</i>	59
3.1.1.2. <i>Ciclo reproductor macroscópico</i>	60
A. Estados de madurez.....	60
B. Talla de madurez sexual.....	64
C. Índices de condición.....	67
3.1.1.3 <i>Ciclo gametogénico</i>	73
A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal.....	73
B. Talla de madurez sexual.....	75
C. Contenido de las espermatecas.....	78
3.1.2. Conclusión.....	80
3.2. OCTOPUS VULGARIS DE LA REGIÓN SURMEDITERRÁNEA.....	83
3.2.1 Resultados.....	83
3.2.1.1. <i>Ciclo reproductor macroscópico</i>	83
A. Estados de madurez.....	83
B. Talla de madurez sexual.....	87
C. Índices de condición.....	90
3.2.1.2. <i>Ciclo gametogénico</i>	96
A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal.....	96
B. Talla de madurez sexual.....	97
C. Contenido de las espermatecas.....	100
3.2.2. Conclusión.....	102
3 3. SEPIA OFFICINALIS DE LA REGIÓN SURATLÁNTICA.....	104
3.3.1. Resultados.....	104
3.3.1.1. <i>Determinación de la proporción de sexos</i>	104
3.3.1.2. <i>Ciclo reproductor macroscópico</i>	106
A. Estados de madurez.....	106
B. Talla de madurez sexual.....	109
C. Índices de condición.....	112

3.3.1.3. <i>Ciclo gametogénico</i>	117
A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal	117
B. Talla de madurez sexual	118
C. Contenido del receptáculo seminal.....	121
3.3.2 Conclusión	124
3.4 <i>SEPIA OFFICINALIS</i> DE LA REGIÓN SURMEDITERRÁNEA	127
3.4.1. Resultados	127
3.4.1.1. <i>Ciclo reproductor macroscópico</i>	127
A. Estados de madurez	127
B. Talla de madurez sexual	130
C. Índices de condición	133
3.4.1.2. <i>Ciclo gametogénico</i>	138
A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal	138
B. Talla de madurez sexual	142
C. Contenido del receptáculo seminal.....	145
3.4.2. Conclusión	149
4 BIBLIOGRAFÍA	151
5 ANEXO	157

PRESENTACIÓN

La actividad marisquera dirigida a la captura de moluscos cefalópodos constituye en algunas localidades costeras uno de los principales recursos de la flota artesanal, tanto por el volumen de capturas desembarcadas como por la importancia económica de las mismas. No obstante, los caladeros se encuentran sometidos a una fuerte presión extractiva por parte de esta flota, lo que puede provocar la sobreexplotación de algunas especies y el consiguiente descenso en las capturas, considerándose fundamental para su conservación el estricto cumplimiento de las tallas mínimas y las épocas de veda.

Tal y como se señala en el “Plan de Modernización del Sector Pesquero Andaluz” la ordenación y planificación de cualquier proceso económico debe basarse necesariamente en el conocimiento detallado de los recursos objeto de explotación. En el caso de la pesca, actividad que se sustenta sobre la explotación de recursos renovables, esta información es indispensable para diseñar y poner en marcha políticas capaces de garantizar su desarrollo sostenible. Asimismo, recoge en su Programa 1 “Investigación sobre recursos, estructuras, industrias y mercados pesqueros” como una de las principales actuaciones a llevar a cabo la “Realización de estudios sobre biología básica y determinación del régimen óptimo de explotación de los caladeros del litoral andaluz”.

En este sentido, se ha realizado un estudio del ciclo reproductor y el crecimiento de moluscos bivalvos y cefalópodos del litoral andaluz utilizando técnicas histológicas, que ha permitido obtener los datos necesarios para establecer unas épocas de veda y tallas mínimas de los principales moluscos basadas en criterios científicos. Una parte de este estudio, concretamente la relativa al ciclo reproductor de cefalópodos, es la que ha servido para elaborar la presente publicación.

Por ello, con el objeto de posibilitar la difusión y divulgación de este trabajo entre organismos, instituciones, centros de investigación y el propio sector pesquero, me complace presentar esta publicación en la que se recogen los aspectos fundamentales del estudio realizado sobre cefalópodos.

Paulino Plata Cánovas
Consejero de Agricultura y Pesca

El ciclo reproductor de las principales especies de cefalópodos de interés pesquero en el litoral andaluz era parcialmente conocido, o se había realizado una aproximación al mismo basándose en datos obtenidos en otras zonas, empleando técnicas que por sí solas no permitían el establecimiento de épocas de prohibición de capturas acordes con las características biológicas de la especie y con las necesidades económicas del sector pesquero.

En la presente obra se tratan de forma divulgativa, sin dejar de lado el rigor científico, diversos aspectos del ciclo reproductor del pulpo de roca y del choco, abordados en cinco grandes capítulos. En el primero de ellos, la Introducción, tras una breve reseña sobre la importancia de estas especies, se ofrece al lector una descripción detallada de las mismas con especial atención a los aspectos reproductivos, así como sobre los métodos más habituales y recientes para su estudio.

El capítulo de Material y Métodos hace referencia a los métodos de muestreo, así como a las distintas técnicas de laboratorio empleadas para el conocimiento exhaustivo de la reproducción. Dentro de este apartado, cabe destacar el elevado número de ejemplares analizados, tanto por técnicas tradicionales de índices de condición como por métodos histológicos, así como la periodicidad de las muestras tomadas, lo que da una idea del volumen de trabajo desarrollado.

El distinto comportamiento reproductor de ambas especies ha aconsejado incluir en todos los capítulos dos apartados independientes para cada una de ellas. En el capítulo de Resultados y Conclusiones, se han expuesto los resultados referidos a la determinación de la proporción de sexos, ciclo reproductor macroscópico, incluyendo los estados de madurez, la talla de madurez sexual, los índices de condición el ciclo gametogénico que abarca los estados microscópicos de desarrollo gonadal, y el contenido de las espermatecas o del receptáculo seminal dependiendo de la especie en cuestión. Tras la exposición concisa de los datos obtenidos por los distintos métodos de estudio empleados y su análisis, se reflejan en las conclusiones los periodos clave en la reproducción de estas especies.

En el capítulo de bibliografía, se hace referencia a las publicaciones citadas en la obra y que pueden ser de interés para investigadores afines al tema, o bien para personas relacionadas o no con el sector, pero que sienten curiosidad sobre la reproducción de estos moluscos y los métodos de estudio de la misma.

Por último, se ofrece un anexo con la cartografía de las áreas de estudio que complementa los datos sobre la localización de cada uno de los puntos de muestreo que se indican en el primer capítulo de esta obra.

M^a Dolores Atienza Mantero
Directora General de Pesca y Acuicultura

1.INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La pesca de moluscos es una actividad de gran importancia en las costas andaluzas. A modo indicativo, pueden servir como referencia los datos de captura correspondientes al año 2000, proporcionados por la estadística pesquera, en provincias como Cádiz (5627,87 Tm), Huelva (4480,17 Tm) y Málaga (3228,19 Tm).

La importancia de las pesquerías de determinadas especies de cefalópodos en el mundo ha contribuido a que sean numerosos los investigadores dedicados a estudios biológicos de las especies de mayor interés comercial en sus zonas. En Andalucía se conocían algunos aspectos generales sobre la biología de las especies más comerciales, que si bien son de gran interés, no permiten desarrollar una gestión de estas pesquerías ajustadas a la biología de estas especies de acuerdo con las condiciones ambientales propias de nuestro litoral.

Estos hechos propiciaron que la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía realizara en el año 1999 un estudio sobre la reproducción del pulpo de roca (ÁVILA & MUÑOZ, 2000), en el que se consideraron poblaciones atlánticas y mediterráneas. En él, los autores apuntaron la necesidad de abordar el seguimiento de la reproducción de este cefalópodo mediante técnicas histológicas, de forma que se pudieran establecer periodos de veda y tallas de capturas que, acordes con la biología de la especie, no dejaran al margen los aspectos socioeconómicos.

La Consejería de Agricultura y Pesca promovió en el año 2001, por estas razones, un estudio sobre la reproducción del pulpo de roca y del choco, dos de las especies de cefalópodos de mayor importancia pesquera en la comunidad.

Este libro es un extracto con carácter divulgativo del informe técnico titulado "Estudio del ciclo reproductor y el crecimiento de moluscos bivalvos y cefalópodos del litoral andaluz".

1.2 PULPO DE ROCA (*OCTOPUS VULGARIS*, CUVIER, 1797)

1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE



Conocido con el nombre de “pulpo común” o “pulpo de roca”. Es un molusco cefalópodo que pertenece a la familia Octopodidae. Posee ocho brazos cefálicos, con dos filas de ventosas en zig-zag, desprovistas de pedúnculos. Su cuerpo es globoso, la cabeza desarrollada con grandes ojos, en la que se dispone la boca con dos mandíbulas córneas.

No presenta concha externa, tan sólo una interna muy rudimentaria en forma de dos estiletes de conquiolina. Esta característica le permite tener gran flexibilidad y amplitud de movimientos, pudiendo adaptarse a la forma de cavidades que utiliza de guarida (ÁVILA & MUÑOZ, 2000). La abertura paleal se prolonga y sobrepasa los bordes laterales del cuerpo. Los brazos son robustos en la base, los laterales son los más largos y el primer par ligeramente más corto que los demás. El tercer brazo derecho de los machos es hetocotilizado; la lígula es pequeña (2,5 % de la longitud del brazo) y con forma de cuchara (Figura 1). En los machos adultos, las ventosas 15 a 17 del segundo y tercer par de brazos suelen ser mayores que las demás y parecen tener su papel en el reconocimiento de ambos sexos, y en el cortejo nupcial previo a la cópula (GUERRA, 1987).



Figura 1. *O. vulgaris*. Izquierda: brazo hetocotilizado de macho; derecha: brazo no modificado de hembra.

El color es muy variable, aunque predominan los tonos grisáceos, verdosos y con manchas o tonalidades verdosas y amarillentas. Esta variabilidad en la coloración se debe a la presencia de unas células pigmentarias llamadas cromatóforos que

se encuentran distribuidas por toda la superficie epitelial, cada una de ellas de un solo pigmento; amarillo, rojo o naranja. Los cromatóforos tienen una membrana celular elástica, que está unida por un anillo de células musculares lisas dispuestas radialmente. Mediante un estímulo se contraen los músculos y se extiende la membrana, dilatando con ello las células, con el consiguiente aumento del área pigmentada. Cuando los músculos se relajan, la membrana celular se contrae. Este proceso de contracción-relajación, controlado por el sistema nervioso, es muy rápido, pudiendo cambiar el individuo de tonalidad instantáneamente. Es utilizado por el pulpo para fines miméticos y de cortejo.

Se distribuye por el Atlántico y Mediterráneo, desde la costa hasta el borde de la plataforma continental (200 m aproximadamente), en hábitats muy diversos. Tolerancia de temperatura entre 7°C y 33° C y de salinidad entre 32 y 40 ‰ (Guerra, 1992).

Es estrictamente litoral, rara vez se halla a más de 150 metros de profundidad, ocupando fondos rocosos, arenosos o de cascajo, donde encuentra su fuente de alimentación y sustrato para realizar la puesta (ÁVILA Y MUÑOZ, 2000).

Se comportan como predadores oportunistas, aunque en caso de necesidad pasan a ser carroñeros. Su base alimenticia está formada por crustáceos en un 80%, mientras que el porcentaje de otros moluscos y peces consumidos es del 8 y 12 % respectivamente.

Ingieren el alimento troceado, interviniendo procesos mecánicos y químicos; utilizando las mandíbulas, la rádula y secreciones enzimáticas procedentes de las glándulas salivares y cefalotoxinas (sustancias paralizantes), características de esta clase de moluscos (GUERRA, 1978).

Efectúa movimientos migratorios horizontales de origen reproductor hacia aguas costeras (desde marzo a octubre) y movimientos hacia el interior, con fines alimenticios, por parte de los individuos inmaduros (GUERRA, 1979).

1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL APARATO REPRODUCTOR

Las hembras presentan un ovario y dos oviductos situados uno a cada lado de la línea media de la cavidad paleal. La gónada está situada en la cavidad celomática genital, que se comunica con el celoma pericárdico de cada corazón branquial por un conducto estrecho (GUERRA, 1987).

El epitelio germinativo forma un conjunto de cordones que penden radialmente de una zona comprendida por la abertura de ambos oviductos. Por esta zona de unión penetran y salen las arterias y venas del ovario. Cada oviducto consta de una región proximal, una glándula oviductal y una región distal que se abre a la cavidad paleal (GUERRA, 1987) (Figura 2).

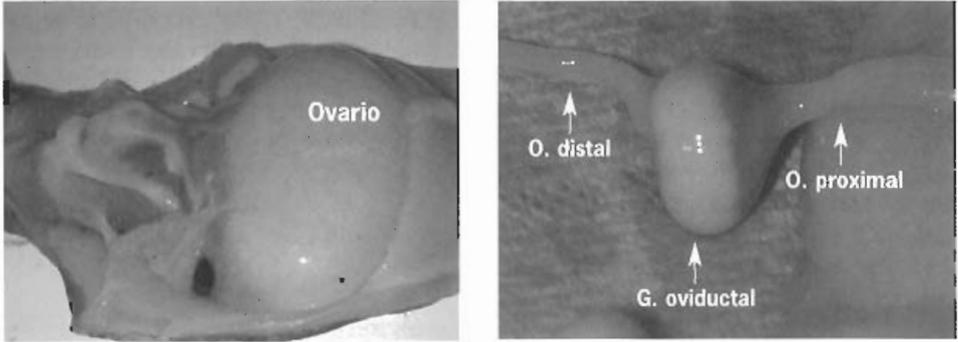


Figura 2. Disección de hembra de *O. vulgaris* y detalle de oviducto y glándula oviductal.

La glándula oviductal tiene en su interior una cavidad central, que es un ensanchamiento del oviducto, de la que penden a cada lado una espermateca y dos glándulas secretoras.

En las hembras inmaduras, la gónada es muy pequeña, representando menos 1/500 del peso total del animal. A medida que el animal madura, el ovario, los oviductos y las glándulas oviductales crecen, y el peso total de la gónada puede llegar a representar hasta el 1/10 del peso del animal.

En la maduración, las paredes musculares de los oviductos se engruesan y su lumen se ensancha. Las glándulas oviductales maduras están formadas por una serie de gajos longitudinales agrupados en torno al oviducto que pasa por el centro. La parte más próxima al ovario es marrón y la más alejada blanca. Las espermatecas y las glándulas secretoras aumentan de tamaño y se hacen funcionales. Las sustancias secretadas son mucopolisacáridos y mucoproteínas, siendo el medio ácido (pH 6,4-6,6). Estas sustancias recubren el corion del huevo cuando pasa a través de las glándulas, una vez que el óvulo ha sido fecundado por el esperma (GUERRA, 1987).

El aparato genital del macho está formado por un testículo y un complejo espermatofórico que se abre en el lado izquierdo de la cavidad paleal (Figura 3). El testículo está constituido por una masa de canales radiales que convergen en un lumen y que están separadas entre sí por tejido conjuntivo en el cual hay numerosos capilares. Los tabiques de los canales están tapizados por epitelio germinativo que produce los espermatozoides (GUERRA, 1987).

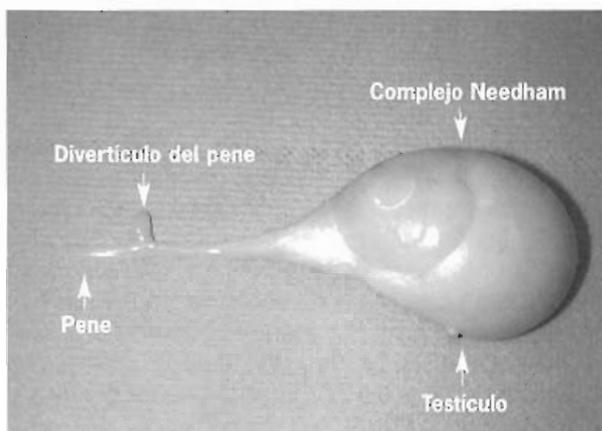


Figura 3. *O. vulgaris*. Aparato reproductor masculino

La primera porción del complejo espermatofórico es el vaso deferente proximal, que es estrecho y con circunvoluciones. En este tracto, el espermatozoide se compacta y forma una especie de filamento con los espermatozoides dispuestos en espiral. La siguiente porción es más ancha y en ella se encuentra la primera glándula espermatofórica, cuyas secreciones embeben al espermatozoide en una sustancia mucilaginosa, quedando el espermatozoide recubierto por una membrana. Tras el paso por esta primera glándula queda constituido el principal núcleo del aparato eyaculador del espermatozoide. Posteriormente, en la segunda glándula espermatofórica el aparato eyaculador acaba de formarse. De esta cápsula salen los espermatozoides y pasan a la bolsa de Needham donde son ordenados hasta la cópula. A continuación de la bolsa de Needham, se observa un divertículo y el pene (GUERRA, 1987) (Figura 4).



Figura 4 *O. vulgaris*. Disección del complejo espermatofórico.

En el Mediterráneo, el macho alcanza la madurez sexual alrededor de los 300 g de peso del cuerpo, mientras que en las hembras no se produce hasta aproximadamente los 1000 g (PURCHON, 1977).

Tanto en machos como en hembras, existen factores endógenos y exógenos implicados en la maduración, observándose que los machos son más precoces que las hembras. Las glándulas ópticas, situadas en los pedúnculos de los lóbulos ópticos del cerebro, están fuertemente implicadas en la gametogénesis, producen una hormona de naturaleza desconocida, que provoca el inicio de la maduración (HANLON & MESSENGER, 1996). Esta hormona es secretada por unas células, de núcleo redondo y nucleólos muy aparentes, que cambian de tamaño y apariencia durante la maduración. Esto ocasiona el cambio de aspecto de las glándulas ópticas, que son pequeñas y amarillentas en los inmaduros y relativamente grandes y anaranjadas en los maduros (WELLS & WELLS, 1959).

El mecanismo que permite la maduración de las gónadas bajo condiciones normales, no se conoce bien todavía, pero es probable que guarde relación con cambios en el fotoperiodo (PURCHON, 1977). Se han llevado a cabo experimentos para conocer esta influencia, pero los resultados no son tan inequívocos como en *Sepia officinalis*, aunque sí se han observado movimientos migratorios de origen reproductor hacia aguas más someras en los meses de mayor actividad sexual. WELLS & WELLS (1959), establecieron que al comienzo de la primavera, en hembras, la relación entre el peso entero y el peso del ovario sufre una transformación debida, probablemente, al fotoperiodo, que desencadena la maduración de la gónada. Esta relación se mantiene constante durante el verano, modificándose de nuevo a comienzos del otoño.

1.2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REPRODUCCIÓN

En varias especies de octópodos que viven en la plataforma continental de las zonas templadas, se ha comprobado una pauta de comportamiento reproductor muy similar: maduran lentamente durante el invierno en aguas más profundas, migran hacia aguas más someras al comienzo de la primavera y tienen una época de puesta dilatada hasta el otoño. Los movimientos migratorios de origen reproductor son de pequeña escala. Generalmente, no se producen importantes agregaciones de individuos formando cardúmenes, siendo bastante solitarios y territorialistas (GUERRA, 1987)

Tienen sexos separados sin alternancia sexual. En muchas especies, cuando un macho y una hembra maduros se encuentran, existe un cortejo nupcial previo a la cópula, que consiste en cambios posturales y cromáticos muy típicos, en *Octopus vulgaris* apenas existe este cortejo (HANLON & MESSENGER, 1996). El macho copula de una de estas dos maneras: se coloca encima de la hembra o bien, se sitúa cerca y extiende el brazo hectocotilizado hacia ella. La transferencia del primer espermátforo tiene lugar, aproximadamente, un minuto después de esta operación. Los machos, transfieren unos 50 espermátforos de unos 2-3 cm de longitud,

pudiendo durar la cópula una o dos horas (HANLON & MESSENGER, 1996). En cada ocasión, el macho contrae un músculo radial de la membrana que hay entre el tercer y cuarto brazo derecho. Al mismo tiempo, la cabeza, el manto y el sifón se disponen de tal forma que éste queda justo en el punto en el que comienza el canal del brazo hectocotilizado, donde hay un órgano muscular que parece actuar como una abrazadera del pene, el cual se alarga y penetra en el sifón para eyacular. Los espermatozoides llegan hasta la ligula y son depositados en los oviductos de la hembra, los cuales experimentan contracciones peristálticas desde su abertura hacia las glándulas oviductales, en cuyas espermatecas son inmovilizados hasta la fecundación, que es interna (GUERRA, 1987).

Entre las especies bentónicas el comportamiento más frecuente es que la hembra busque un lugar protegido para poner los huevos, éste puede ser una grieta o una cueva entre las rocas, en el cual la hembra fija los huevos por la base de sus pedúnculos individualmente o formando racimos de forma y tamaño variable. Después de realizada la puesta, la hembra permanece vigilante a su lado, durante varias semanas, protegiendo los huevos de los depredadores, aireándolos y limpiándolos. Durante este tiempo no se alimenta o lo hace muy raramente, esta inanición la deja exhausta, dando lugar a que después de la eclosión, generalmente, muera. *O. vulgaris* es una de las especies de octópodos más fecundas, pudiendo poner hasta 20000 huevos de 1x 2 mm (GUERRA; 1987).

Durante el desarrollo embrionario, de duración próxima a veinticinco días, a temperatura entre 24 - 25°C, se produce un incremento en el volumen de los huevos cercano al 80% (BOLETZKY, 1969). De los huevos nacen individuos de 2,4 mm, que durante varias semanas tendrán vida pelágica formando parte del plancton, comportándose como predadores activos y adaptándose mediante transformaciones graduales (aumento en la longitud de los tentáculos, número de ventosas, etc.) a la vida bentónica.

Transcurrida la fase pelágica, en la que los individuos miden aproximadamente 6 mm, caen al fondo y forman parte del bentos, en el que transcurre el resto de su periodo vital (entre 12 y 24 meses).

1.2.4 MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA REPRODUCCIÓN

Los cefalópodos tienen un comportamiento sexual bastante complejo, que está facilitado por el gran desarrollo y centralización del sistema nervioso.

Desde las primeras observaciones sobre la reproducción de estos organismos, realizadas hace más de dos mil años por Aristóteles, se ha avanzado mucho en el conocimiento de los principales procesos. No obstante, al tratarse de animales cuyo seguimiento en la naturaleza es difícil, la mayor parte de los avances realizados se han obtenido en condiciones de confinamiento (BOLETZKY & HANLON, 1983).

En España, existen varios grupos que se dedican a la investigación de cefalópodos: en la costa catalana (GUERRA, 1975), en aguas de las baleares (QUETGLAS, 1998), la costa de levante (SÁNCHEZ Y OBARTI, 1993), en el Atlántico Centro-Oriental (GUERRA, 1978), en el litoral andaluz (MUÑOZ, 1998; SILVA, 1998; AVILA & MUÑOZ, 2000) y en el banco sahariano (HERNÁNDEZ & BAS, 1993).

Los métodos más utilizados para establecer el ciclo reproductor en octópodos son:

- Seguimiento de distintos índices gonadosomáticos y de madurez sexual (EZZEDDINE-NAJAI, 1997).
- Establecimiento de diversas escalas macroscópicas cualitativas y cuantitativas con estadios de madurez más o menos caracterizados (GUERRA, 1975).
- Observaciones macroscópicas de las gónadas y órganos anexos a lo largo del ciclo sexual (DIA & GOUTSCHINE, 1990).
- Estudio de factores endógenos implicados en el desarrollo gonadal, las glándulas ópticas y su influencia en la gametogénesis (WELLS & WELLS, 1975).
- Observación microscópica de cortes histológicos de distintas estructuras del aparato reproductor y estudios de fecundidad, con objeto de obtener una información más detallada del desarrollo gametogénico a lo largo del ciclo anual (BORGES *et al.*, 2000).

1.3 SEPIA COMÚN O CHOCO (*SEPIA OFFICINALIS*, LINNAEUS, 1758)

1.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE



Se trata de un molusco cefalópodo perteneciente a la familia Sepiidae, fácilmente identificable por su forma escurridiza y las aletas largas y estrechas que forman un borde ondulado a cada lado del manto. Este último, cuyo margen dorsal se proyecta sobre la cabeza, puede alcanzar los 450 mm de longitud dorsal.

Tiene ocho brazos y dos tentáculos. Las ventosas de los brazos se disponen en cuatro filas transversales. Los tentáculos son robustos, su longitud es de unas tres veces la del brazo más largo. Terminan en una porción más ensanchada denominada maza cuya longitud es una quinta parte de la del tentáculo; el número de vento-

sas varía de un extremo a otro de la maza, así como el tamaño de las mismas, de suerte que el diámetro de las ventosas de la fila central es de 8-10 veces superior al de las ventosas marginales (BOLETZKY en BOYLE, 1983).

El brazo hectocótilo es el cuarto izquierdo en los machos y la zona modificada comprende aproximadamente la mitad proximal, mostrando 6-7 ventosas basales de tamaño normal y a continuación de 5-9 filas de ventosas muy pequeñas; las distales tienen un tamaño normal, se empequeñecen hacia el ápice y forman cuatro filas transversales (Figura 5 y 6).



Figura 5. *S. officinalis*. Detalle del cuarto brazo izquierdo de una hembra, en el que no se aprecian modificaciones.



Figura 6. *S. officinalis*. Detalle del cuarto brazo izquierdo de un macho, en el que se observan las modificaciones propias de la hectocotilización.

El esqueleto interno o sepión es robusto y ovalado y presenta una espina que no sobresale nunca por la zona posterior del manto; es más libre en los juveniles que en los adultos. La zona estriada del sepión puede ocupar entre 1/3 y 2/3 de la longitud total del mismo. La superficie dorsal del sepión es rugosa y tuberculada.

Se trata de una especie nerítica demersal o nectobentónica que vive en la plataforma, principalmente en fondos fangosos y arenosos cubiertos de algas y fanerógamas.

Su distribución geográfica comprende todo el Mediterráneo. En el Atlántico noroccidental desde el Báltico hasta 17° N. Es muy común en todas las costas de la Península Ibérica desde el litoral hasta unos 200 m de profundidad (GUERRA, 1992).

Se alimentan de pequeños moluscos (gasterópodos, bivalvos, etc), crustáceos e incluso otros ejemplares de su misma especie. A veces consumen peces. Son presas, fundamentalmente de tiburones y peces óseos. Para capturar sus presas se valen de los tentáculos, que disparan rápidos hacia ellas, mientras que con los brazos las sostienen y manipulan una vez que han sido capturadas. Poseen mandíbulas en forma de pico de loro y una rádula para desgarrar y raspar a la presa.

Como otros cefalópodos, tienen tinta que pueden utilizar para camuflarse, se mueven por propulsión y pueden cambiar de color (generalmente combinando tonos marrones y blancos). Gran parte de su tiempo lo pasan en el fondo, y generalmente sólo nadan cuando están hambrientos o para encontrarse con otra sepia (lucha o cópula).

Es una especie relativamente tolerante a variaciones de salinidad. En el Mediterráneo se han observado en lagos costeros con una salinidad del 27‰. En relación con la temperatura, muestra una tolerancia térmica entre 10 y 25°C (RICHARD, 1971; MANGOLD-WIRZ, 1963).

En condiciones naturales, el ciclo de vida de *S. officinalis* es de 18-24 meses con una amplia variación dependiendo de las condiciones ambientales, si bien algunos machos pueden superar los dos años. Mientras que las hembras tienen un ciclo generalmente más estacional como consecuencia de factores endógenos (hormonales) y exógenos (estímulos ambientales), el ciclo de los machos es aparentemente más flexible. La madurez más temprana y la actividad reproductora de mayor duración de los machos tiene como consecuencia una elevada tasa de intercambio genético en la población.

Efectúa migraciones hacia la costa para reproducirse. Estas migraciones estacionales entre aguas someras y más profundas, ponen a los ejemplares en contacto con distintos fondos. Durante la reproducción e inmediatamente después de la puesta, los animales pueden vivir en estrecho contacto con fondos rocosos. La fijación de los juveniles a estos fondos duros impide que sean arrastrados por fuertes corrientes de agua. Al mismo tiempo, estos animales son capaces de enterrarse en fondos blandos.

1.3.2.DESCRIPCIÓN DEL APARATO REPRODUCTOR

El aparato reproductor femenino consta de un ovario único, que ocupa la parte posterior de la masa visceral y del que parte un oviducto que tras rodear a las glándulas anejas, desemboca en el lado izquierdo del animal (Figura 7). El oviducto en su porción subterminal se engruesa y forma dos masas ovoideas que constituyen la glándula de la albúmina. Las glándulas anejas del aparato genital están formadas por dos glándulas nidamentarias principales, que son piriformes y cuyo color varía de cremoso a blanco, y dos glándulas accesorias, de menor tamaño, de color cremoso a coral. Tanto el desarrollo como el color de ambas glándulas varía en función del estado de madurez sexual del individuo (Figura 8).

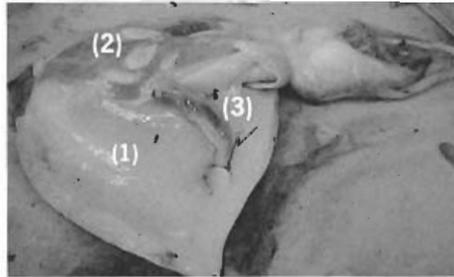


Figura 7. *S. officinalis*. Diseción de una hembra de en la que se señalan las distintas partes del aparato reproductor: (1) Ovario, (2) Glándulas nidamentarias, (3) Glándula del oviducto

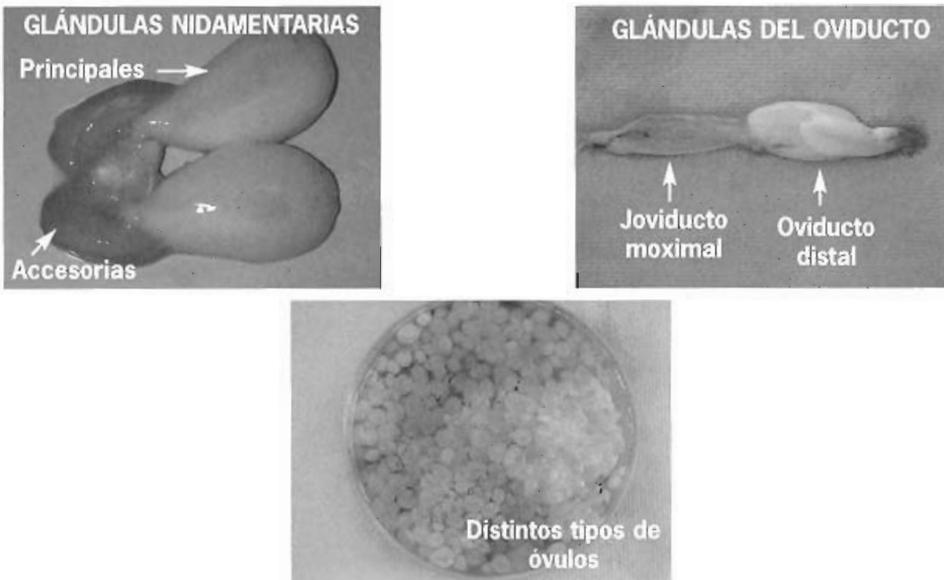


Figura 8. *S. officinalis*. Detalles de distintas estructuras del aparato reproductor femenino.

El aparato reproductor masculino está formado por un testículo único que se localiza bajo la bolsa de la tinta (Figura 9). El testículo se continúa por un canal deferente, que después de un recorrido sinuoso desemboca en la vesícula seminal. Ésta comprende una porción de paredes gruesas que rodea a una zona de paredes delgadas donde desemboca la glándula mucosa y la próstata. El esperma formado en el testículo llega a la vesícula seminal por el canal deferente, donde es comprimido y revestido de una envuelta, constituyendo así unos tubos finos, los espermatozoides, que se acumulan en la bolsa de Needham. (Figura 10).

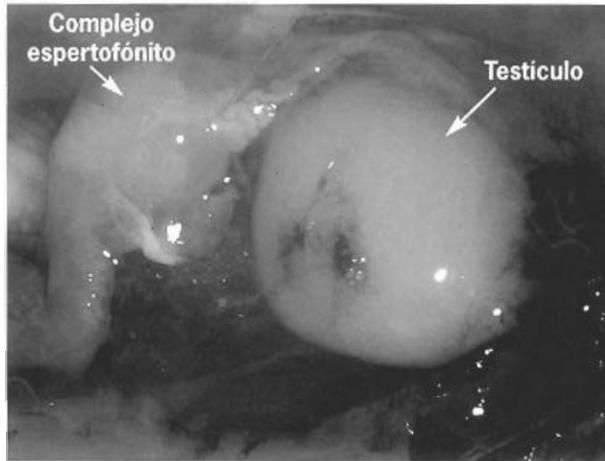


Figura 9. *S. officinalis*. Aparato reproductor masculino.



Figura 10 *S. officinalis*. Detalle de salida de espermatozoides.

Las gónadas de choco permanecen indiferenciadas hasta el final del desarrollo embrionario; sin embargo, los gonoductos en ambos sexos y los rudimentos de las glándulas nidamentarias en las hembras se distinguen antes de la eclosión (LEMAIRE & RICHARD, 1970; RICHARD & LEMAIRE, 1975). El peso máximo del ovario en hembras grandes alcanza 150 g. El peso total de los órganos reproductivos puede representar más del 16% del peso corporal en hembras maduras. En los machos la situación es diferente, ya que los espermatozoides están organizados en espermatóforos que son transferidos a la bolsa de Needham. Sin embargo, el peso total de los órganos reproductores masculinos nunca supera el 5% del peso corporal (BOYLE, 1983).

Los chocos pueden alcanzar la madurez sexual a diferentes tallas: MANGOLD-WIRZ (1963) indica la existencia de machos totalmente maduros, con la bolsa de Needham llena de espermatóforos, con una longitud del manto de 6-8 cm, aunque se ha registrado una talla menor en animales de laboratorio. Por otro lado, hay machos con más de 10 cm de longitud dorsal del manto que permanecen aún inmaduros. Una situación similar se registra en hembras, que alcanzan la talla de madurez sexual entre 11 y 25 cm. El tamaño del ovario y el número de huevos varía de acuerdo con la talla del ejemplar (entre 150 y 500 óvulos maduros).

La distinta talla a la que se alcanza la madurez sexual guarda relación con la temperatura y la luz, que en condiciones naturales actúan de forma antagonista. En verano, en aguas someras, el crecimiento se acelera con las temperaturas elevadas, mientras que la maduración se frena debido a la alta intensidad luminica y al largo tiempo de exposición dentro del ciclo natural día-noche. En contraste, en aguas profundas, en condiciones invernales, las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que la maduración de la gónada es ampliamente favorecida (más que acelerada) ya que el efecto decelerador de la luz es mínimo. La duración del tiempo que se permanece en condiciones óptimas de crecimiento (estío) determina si el animal alcanzará o no la madurez sexual durante su primer invierno.

Si bien la tendencia general es que se produzca una migración hacia la costa en primavera-verano y se alejen en otoño-invierno, no todos se desplazan a la vez. Los machos maduros y las grandes hembras maduras son las primeras en dirigirse a la costa en primavera. Estas hembras tienen 18 meses de edad. A finales de la primavera y principios de verano, las hembras maduras de menor talla aparecen en aguas someras y ponen antes de finales de verano. Estas hembras tienen entre 14 y 16 meses y son la descendencia de los animales grandes que pusieron de manera temprana el año anterior (MANGOLD, 1966). Así, parece ser un ciclo de generaciones alternativas de corta y larga duración, por lo menos en lo que se refiere a las hembras. En los machos, la situación no está clara, porque alcanzan la madurez antes que las hembras, mientras que la actividad reproductora es aparentemente más prolongada. Además, las tallas mayores (superiores a 30 cm de longitud dorsal del manto) se presentan en machos, y aunque las tasas de crecimiento de los adultos son más elevadas que en hembras, los machos más grandes deben tener al menos 2 años.

1.3.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REPRODUCCIÓN

Hasta hace poco tiempo, se aceptaba que las hembras de los cefalópodos depositaban sus huevos en una puesta única o en varias puestas consecutivas, sin que existiera pausa entre ellas, tras lo cual morían (McGOWAN, 1954; MANGOLD, 1987; HARMAN *et al*, 1989; MANGOLD *et al.*, 1993). Este patrón reproductivo en los que no existe regeneración de la gónada se denomina semelparidad. A excepción de *Nautilus*, cuyas hembras ponen una vez al año, sobreviven, se alimentan, crecen y regeneran sus gónadas para un episodio reproductivo posterior (iteroparidad), todos los cefalópodos son considerados semelparos; sin embargo, hay diferencias significativas entre los procesos de maduración y puesta de unas especies a otras (BOLETZKY, 1981; ROCHA & GUERRA, 1996; ROCHA *et al* 2001). Entre las razones más importantes para la confusión es la ambigüedad en el uso de los términos iteroparidad y semelparidad, unido a que prácticamente se desconoce el proceso de maduración de los ovocitos en el ovario (ROCHA *et al* 2001).

Atendiendo al tipo de ovulación, al modelo de puesta y a que se registre o no crecimiento somático entre los episodios de depósito de huevos, *Sepia officinalis* responde a un modelo reproductivo denominado puesta terminal intermitente. Este tipo de puesta se caracteriza porque en el ovario hay grupos de óvulos que maduran de forma asincrónica. La puesta es monocíclica y el depósito de los huevos se produce en remesas separadas durante este periodo, que generalmente es relativamente prolongado, aunque en ningún caso representa el periodo más largo de la vida del animal (ROCHA *et al*, 2001). Esta estrategia difiere de la puesta múltiple, en la que algunos autores habían incluido a esta especie, en que no se registra crecimiento somático entre episodios de puesta.

El comportamiento reproductivo de esta especie ha sido ampliamente estudiado por distintos autores (RICHARD, 1971). La parte más espectacular es el elaborado cortejo del macho y los cambios de color. Ambos muestran un patrón acebrado que es particularmente conspicuo en el macho que corteja. (HANLON & MESSENGER, 1988). Cuando se aproxima una potencial pareja para la cópula, el macho extiende uno de sus brazos ventrales hacia la pareja. Si ésta es un macho, estira uno de los brazos ventrales hacia el otro macho; si es una hembra que no está dispuesta a copular, se alejará nadando, mientras que en caso contrario, se quedará. Al inicio de la cópula el macho sujeta lateralmente a la hembra y la sitúa en posición cabeza con cabeza, sosteniéndola con las brazos dorsales y laterales entrelazados. El macho entonces introduce el hectocótilo en su propia cavidad del manto para recoger los espermatozoides que salen de la bolsa de Needham a través del pene. La parte proximal del hectocótilo está modificada y presenta unas pequeñas ventosas sobre una amplia zona de pliegues transversales. Los espermatozoides son transferidos a un receptáculo seminal en la membrana bucal de la hembra (Figura 11).

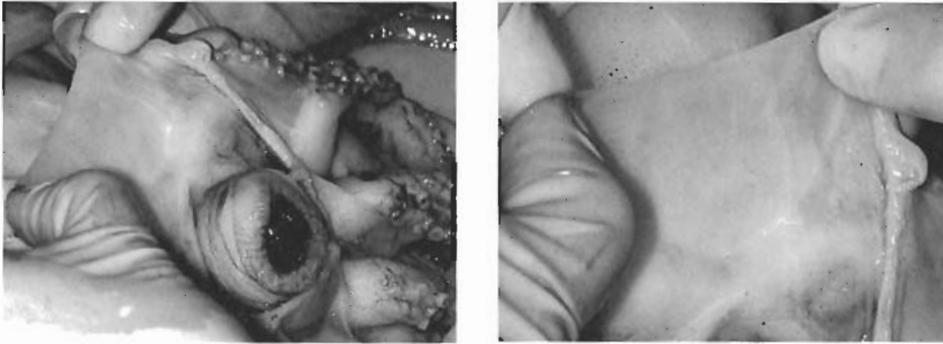


Figura 11. Detalle de receptáculo seminal vacío.

Estudios realizados en laboratorio (HANLON *et al*, 1999) sobre la selección sexual en esta especie indican que la duración media de la cópula es de 10 minutos (entre 7 y 14 minutos). Durante los primeros 6 min (aproximadamente el 63% de la duración del proceso) los machos lanzan fuertes chorros de agua a la membrana bucal de la hembra para expulsar alguna de las espermatangias de cópulas recientes. Posteriormente, en un movimiento que apenas dura 14 segundos, introduce sus espermatozoides en el receptáculo seminal de la hembra. Durante el tiempo restante, el hectocótilo rompe los espermatozoides y libera las espermatangias que se anclan a lo largo de la membrana bucal ventral, cerca de los receptáculos seminales. Aproximadamente 140 espermatangias se sitúan en filas alrededor de la membrana bucal, mientras que el resto es descartada durante la cópula. Posteriormente, el macho aguarda un tiempo protegiendo su espermatozoides de otro macho que quiera copular. El método de expulsar la espermatangias mediante chorros de agua sólo es efectivo cuando la cópula es reciente, y no se han visto espermatangias en el medio cuando una nueva cópula tiene lugar 1 ó 2 días después. El tiempo que transcurre entre la cópula y la fecundación de los óvulos y posterior puesta es variable, habiéndose registrado desfases de hasta 5 meses entre ambos fenómenos (BOLETZKY en HANLON, 1999).

La puesta se produce en intervalos regulares de 2-3 minutos durante varias horas. Así una hembra puede vaciar su ovario de óvulos maduros en unos pocos días y en algunos casos emplear meses (BOLETZKY, 1975).

Ha sido imposible seguir en vivo el proceso de liberación del óvulo e impregnación en las glándulas nidamentarias. Aparentemente, el óvulo, rodeado sólo por el corion cuando sale del folículo, recibe su primera cubierta gelatinosa en la glándula del oviducto (JECKLIN, 1934 en BOYLE, 1983). Tras abandonar el oviducto, es embebido por una capa gelatinosa producida por las glándulas nidamentarias. Esta banda se enrolla espiralmente alrededor del óvulo, probablemente con la ayuda de las glándulas accesorias con las que conjuntamente forman un molde con forma de cuchara. La cubierta nidamentaria se tiñe con la tinta que es liberada simultáneamente por la bolsa de la tinta. El huevo impregnado es entonces conducido hacia el

conducto, la apertura del cual se mantiene entre las bases de los brazos ventrales. Los espermatozoides se liberan del receptáculo seminal situado bajo la boca y atraviesan las suaves cubiertas, posiblemente a través del canal central de la cubierta espiral que conduce al micropilo. Finalmente el huevo es anclado por el extremo de los brazos al sustrato, a partes blandas de plantas, a animales sésiles o a estructuras muertas. Las puestas de jibia tienen un aspecto característico que es el origen de su denominación popular de uvas de mar o racimos de mar (Figura 12).

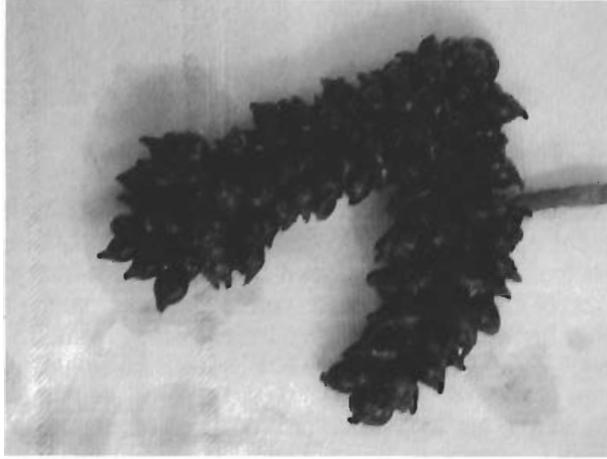


Figura 12. *S. officinalis* Detalle de puesta.

La duración del periodo embrionario varía en función de la temperatura entre 40-45 días a 20°C y 80-90 días a 15°C. Del huevo sale un pequeño choco cuya longitud dorsal del manto oscila entre 6 y 9 mm dependiendo de la talla del huevo.

1.3.4 MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA REPRODUCCIÓN

La biología reproductiva de la sepia común en el Atlántico oriental y en el Mediterráneo ha sido estudiada por diversos autores empleando distintos métodos (BOLETZKY, 1983; LE GOFF & DAGUZAN, 1991; ADAMO & HANLON, 1996, GAUVRIT *et al*, 1997). Tanto para esta especie como para otras, las técnicas más habituales para establecer los estados de madurez son las siguientes:

- Observación de la talla y apariencia de los huevos y presencia o ausencia de espermátóforos en la bolsa de Needham (MANGOLD-WIRZ, 1963,1966).
- El color de las glándulas nidamentarias accesorias (RICHARD,1967).
- Diversos índices de condición en los que se establecen conexiones entre pesos y medidas de distintas estructuras del aparato reproductor masculino y femenino y relacionándola con parámetros de referencia de los ejemplares

tales como el peso total del ejemplar, el peso eviscerado o la longitud dorsal del manto (LIPINSKI, 1979; JUANICO, 1983; GUERRA & CASTRO, 1988).

- Estudios de fecundidad en hembras, entendiéndose por tal el número total de óvulos en maduración, óvulos maduros en la porción proximal y distal del oviducto (GABR *et al*, 1998), considerando el número de óvulos inmaduros y maduros en el ovario (MANGOLD-WIRZ, 1963; BOLETZKY, 1987) y en raras ocasiones a partir de la observación directa del número de huevos que un animal pone (VOSS, 1983).
- En los últimos años, se están realizando cortes histológicos de distintas estructuras de los aparatos reproductores que permiten conocer de manera más precisa los estados de madurez de los mismos (BAKHAYOKHO, 1983; GABR *et al*, 1998).

1.4 ÁREA DE ESTUDIO

Los cefalópodos de la zona atlántica, entre mayo y junio de 2001, se capturaron en el litoral onubense, en la zona de Punta Umbría (AND 1-08). En los meses posteriores las muestras proceden de la zona de La Barrosa (AND 1-17) y litoral de Cádiz I y II (AND 1-25 y AND 1-26) Las muestras mediterráneas de cefalópodos proceden, en el caso de *S. officinalis* de Sabinillas (AND 1-27) a Fuengirola (AND 1-32) y para *O. vulgaris* de Marbella I (AND 1-30) hasta Fuengirola (AND 1-32), para las poblaciones mediterráneas (ver ANEXO).

La hidrografía del litoral de Cádiz presenta características singulares, dada su morfología y situación entre el Atlántico y el Mediterráneo, en cuyo vértice oriental, el Estrecho de Gibraltar, tiene lugar el intercambio de masas de agua entre estos dos mares (GUTIÉRREZ MAS, 1992).

Presenta, al igual que todo el litoral atlántico peninsular, un régimen de mareas semidiurno, con una pequeña desigualdad diurna, produciéndose dos pleamares y dos bajamares. El recorrido de la onda de marea se realiza de Sur a Norte y barre el litoral de SE a NO (GUTIÉRREZ MAS, 1992).

Los vientos predominantes son los del 2º y 4º cuadrante. Del 2º cuadrante cabe destacar el predominio de la dirección ESE, denominado en la zona "Levante", que alcanza velocidades relativamente altas, y de gran sequedad. Del 4º cuadrante destaca el viento de dirección WNW ("Poniente").

La irregularidad y escasez de precipitaciones, el predominio de viento de Levante que hace bajar la humedad relativa a valores inferiores a 30%, los altos valores de evaporación (1530 mm) frente a los de precipitación (593 mm), y el gran número de horas de sol convertirían la zona de la bahía de Cádiz en un lugar preferentemente desértico. Amortiguando el efecto de estos factores, se encuentran la

existencia de un régimen térmico con pocos contrastes, altos valores de humedad relativa (media anual de 75%), su posición costera y el efecto de vientos de poniente provenientes del Atlántico, y por consiguiente húmedos (MUÑOZ & SÁNCHEZ DE LAMADRID, 1994).

Las costas de la provincia de Málaga son de gran interés hidrológico por constituirse como confluencia entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Existe una entrada continua de agua atlántica hacia el Mediterráneo a través del estrecho de Gibraltar y otra corriente de salida de aguas mediterráneas hacia el Atlántico. Los afloramientos más frecuentes se forman entre Gibraltar y la Punta de Calaburras y en la zona de la bahía de Málaga (CANO & GIL, 1989). El más intenso y constante se detecta en el límite occidental de la provincia de Málaga. La entrada de agua atlántica determina gradientes térmicos horizontales acusados en el mar de Alborán. En las zonas anticiclónicas, es decir de hundimiento de aguas atlánticas, la temperatura adquiere valores elevados correspondiéndose con mínimos de salinidad, al contrario de lo que ocurre en las áreas de afloramientos de aguas mediterráneas profundas.

Los vientos dominantes en las costas de Málaga son los siguientes: ponientes, levantes, terrales y vientos de componente sur. Los ponientes son vientos templados del Oeste de procedencia atlántica, que producen fuertes marejadas e incluso temporales, levantando olas que pueden alcanzar hasta 6 m de altura. Estos vientos generan un enfriamiento de hasta 2 °C en las aguas más cercanas a la costa. Los levantes son vientos procedentes del Este o Sureste, que generan en alta mar fuerte marejada e incluso mar gruesa. Los terrales son vientos de componente Norte, muy cálidos e incluso tórridos en verano, mientras que en invierno son fríos. Al igual que los ponientes provocan fenómenos de afloramientos de aguas profundas mediterráneas, siendo más frecuentes en el sector occidental. Las consecuencias más evidentes son: una acusada disminución de la temperatura superficial, un aumento de la salinidad y un incremento de los nutrientes. Los vientos del Sur y Sureste dan lugar a marejadas y fuertes marejadas en las costas de la provincia de Málaga. Generan un calentamiento del agua y paralizan la formación de afloramientos en la costa, por lo que empobrecen las aguas litorales.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 PULPO DE ROCA (*OCTOPUS VULGARIS*)

2.1.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Se han analizado un total de 1369 individuos de *O. vulgaris*. El número de ejemplares estudiados mensualmente oscila entre 30 y 60, de los cuales, siempre que ha sido posible, en la población mediterránea se ha sesgado el sexo y la talla, de forma que han predominado las hembras por lo general y de tallas superiores a los machos, ya que en estudios precedentes se indica que éstas alcanzan la madurez sexual más tardíamente que los machos.

En la tabla 1 se indican las fechas de muestreo y los números de ejemplares, por sexo mes a mes.

Tabla 1. *Octopus vulgaris*. Número de ejemplares analizados; H: hembras; M: machos.

Meses	<i>O. vulgaris</i> atlántico	H	M	<i>O. vulgaris</i> mediterráneo	H	M
Mayo 2001	7	1	6	52	21	31
Junio	60	39	21	60	40	20
Julio	61	20	41	64	39	25
Agosto	49	24	25	57	36	21
Septiembre	46	21	25	66	43	23
Octubre	60	29	31	57	34	23
Noviembre	60	24	36	52	31	21
Diciembre	54	21	33	61	42	19
Enero 2002	60	35	25	61	39	22
Febrero	60	26	34	51	30	21
Marzo	60	36	24	56	35	21
Abril	48	23	25	59	39	20
Mayo	48	21	27			
N° total	673	320	353	696	429	267

2.1.2 MÉTODOS DE MUESTREO

Los ejemplares de *O. vulgaris* de la población atlántica, en mayo y junio de 2001, se capturaron de forma artesanal con alcatruces. En meses posteriores, debido al insuficiente número de ejemplares obtenidos, se optó por contratar los servi-

cios de un arrastrero con puerto base en el Puerto de Santa María (Virgen Bella, 3ª HU-2/2193). El arte utilizado fue el cadenero. Los ejemplares eran conservados vivos en tanques con aireación hasta su llegada al laboratorio.

Los ejemplares de la población mediterránea proceden de la pesca habitual de dos barcos de la zona, un arrastrero con puerto base en Marbella y un barco dedicado a la pesca artesanal de pulpos con alcatruces (Figura 13), y con puerto base en Fuengirola (El Pelao, MA-3 358).

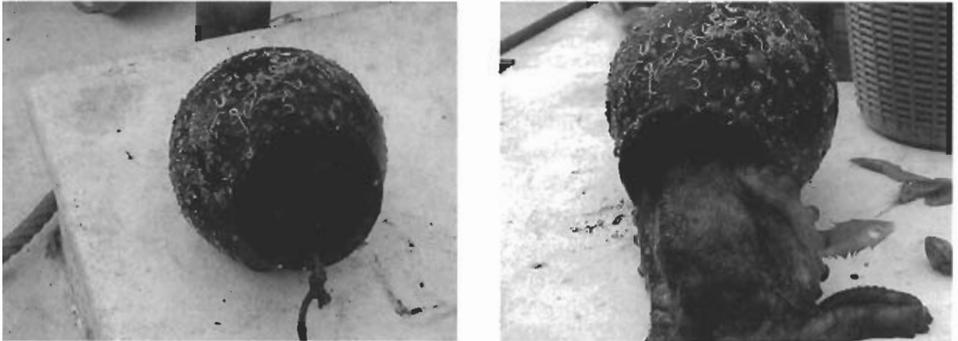


Figura 13. Detalle de un pulpo saliendo de un alcatruz.

2.1.3 MÉTODOS DE LABORATORIO

A. Disección

Una vez los ejemplares en el laboratorio se procedía a anotar su peso total (PT) en gramos, la longitud total (LT), la dorsal y ventral del manto (LDM y LVM), la anchura del mismo (AM), todas en centímetros, y su sexo. Paralelamente se anotaba cualquier característica externa que pudiera afectar al valor de cualquiera de estos parámetros, fundamentalmente la mutilación y posible regeneración de algún brazo.

Cada ejemplar, cuyas medidas externas habían sido anotadas, era colocado en la mesa de disección con la cara ventral hacia arriba. Se practicaban dos cortes en los laterales del manto desde la abertura paleal a la zona anterior (Figura 14).

Se aislaron los reproductores completos de ambos sexos y se anotaron los siguientes datos, de acuerdo con el sexo del ejemplar en cuestión:

- Pev: Peso eviscerado (g)
- PRC: Peso del reproductor completo(g)
- PO: Peso del ovario (g)
- POG: Peso del oviducto más la glándula (g)

- DGO: Diámetro de la glándula del oviducto (cm)
- PTE: Peso del testículo (g)
- PCE: Peso del complejo espermatofórico (g)
- Descripción del estado de madurez, de acuerdo con la escala macroscópica de Día (1988, 1990).

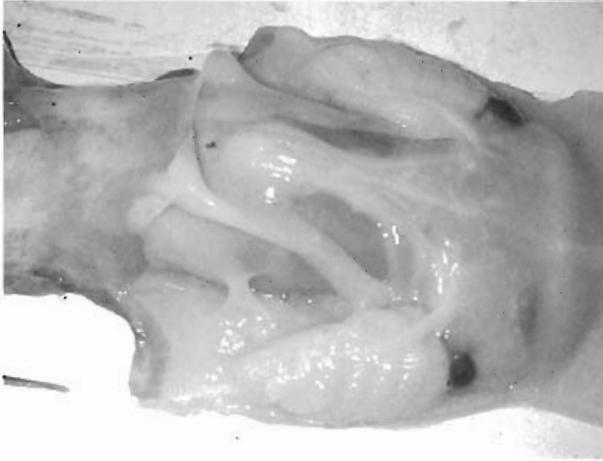


Figura 14. Cara ventral de hembra de *O. vulgaris* con el manto levantado.

B. Procesamiento histológico de las muestras

Las muestras eran sometidas en el laboratorio a un proceso de fijación e inclusión en parafina con la finalidad de preservar los distintos tejidos y estructuras, pudiendo determinar con ello el estado de desarrollo gonadal existente en cada una de ellas al microscopio.

Las distintas partes del reproductor obtenidas tras la disección fueron fijadas en líquido de Gendre (3 ó 4 días) o en formol al 6% (15 días). Transcurrido este tiempo, sistemáticamente, se procesaba de acuerdo con las técnicas histológicas, una porción de ovario, de una zona cercana a los oviductos, de testículo, en las proximidades del conducto deferente, y una porción de glándula del oviducto, siguiendo el eje distal-proximal, con objeto de poder observar tanto la cámara central como las espermatecas. Cada una de estas porciones fue introducida en un cassette destinado a usos histológicos, claramente identificado. En aquellos casos considerados interesantes, se procedió a incluir algunas porciones del complejo espermatofórico.

La porción fijada y disecada de cada ejemplar, era sometida a los procesos de deshidratación, aclaramiento e impregnación en parafina, pasos realizados automáticamente en un procesador de tejidos (Figura 15).



Figura 15. Aparatos empleados en el proceso histológico.
Izquierda: procesador de tejidos;
derecha: estación de inclusión.

Finalizado el proceso anterior, las muestras eran extraídas del procesador de tejidos y conservadas en parafina a temperatura próxima a los 65°C hasta la fabricación del bloque. Posteriormente, se realizaron cortes histológicos entre 5 y 7 mm de espesor. Se seleccionaron entre 15 y 20 cortes por ejemplar, los cuales fueron teñidos con hematoxilina-eosina y hematoxilina-V.O.F. (GUTIÉRREZ, 1967), empleándose dos variedades de hematoxilina, de Carazzi (para los cortes a 7 mm) y de Harris (para las secciones de 5 mm). Estas tinciones se realizaron con la ayuda de un teñidor automático (Figura 16).

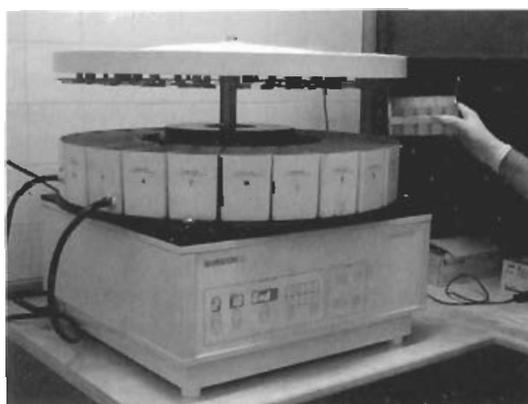
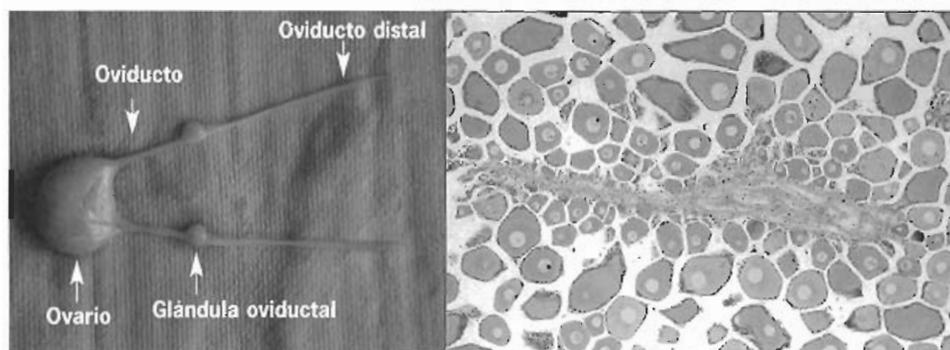


Figura 16. Teñidor automático de tejidos.

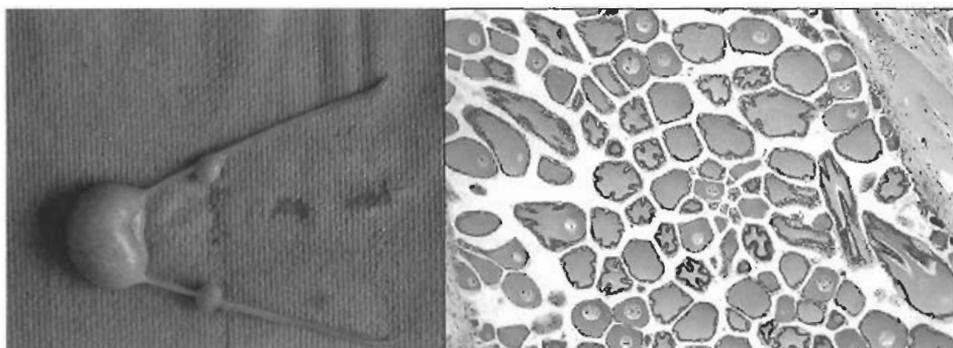
2.1.4 ESCALAS DE MADUREZ SEXUAL

La clasificación de los estados macroscópicos de madurez en *O. vulgaris* se ha realizado siguiendo la escala macroscópica de Dia (1988,1990), mientras que la microscópica se ha establecido teniendo como base los trabajos de Guerra (1987) y el informe técnico "Cephalopod Resources Dynamics and Fisheries Trends in the Algarve and Gulf of Cadiz" (Instituto Español de Oceanografía, Unidad de Cádiz y Centro de Ciencias do Mar, Universidade do Algarve), cuyos autores son BORGES et al (2000).

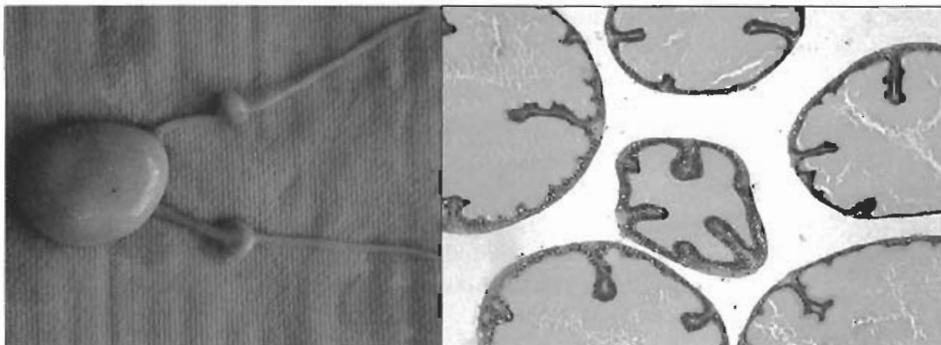
HEMBRAS	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO I INMADURAS	<ul style="list-style-type: none"> • Ovario pequeño, blanco, de aspecto homogéneo. • Glándulas oviductales perfectamente diferenciadas, pequeñas y blancas, sin dibujos en la superficie externa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia mayoritaria de ovogonias y ovocitos con una ovogonias y ovocitos con una capa delgada de citoplasma rodeando el núcleo. • Es posible encontrar ovocitos de mayor tamaño, con una acumulación importante de ARN en el citoplasma, una o varias células foliculares y varios nucleolos esféricos en el núcleo.



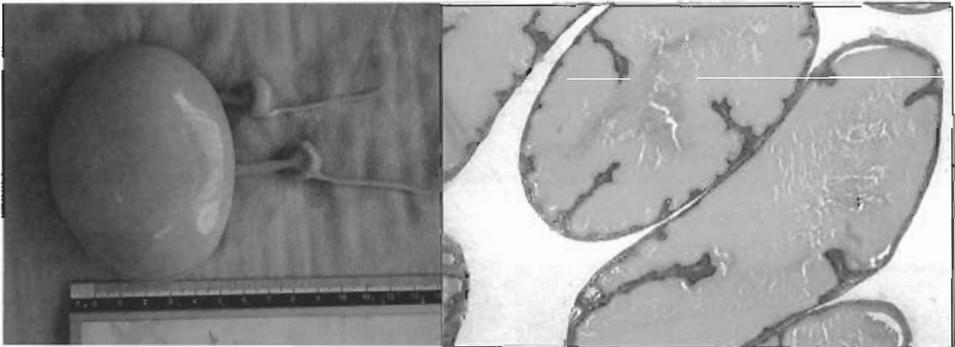
	Escala macroscópica	Escala microscópica
<p>ESTADO II MADURACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ovario mediano, turgente, de color marfil, de aspecto • Las glándulas oviductales son blancas, con líneas longitudinales blancas y sin anillos conspicuos en superficie externa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ovocitos rodeados por una doble capa de células foliculares, granuloso fino. la interna formada por células secretoras cuboidales y la externa de células planas que forman un epitelio. • El epitelio folicular comienza a invadir el ovocito, produciendo un desplazamiento del núcleo a la zona polar de la célula. • Síntesis de los primeros gránulos de vitelo. • Los ovocitos, pasan de ser elipsoidales a piriformes.



	Escala macroscópica	Escala microscópica
<p>ESTADO III MADURAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ovario grande, turgente, de color marfil y aspecto granuloso grueso. • Glándula oviductal con un anillo en la parte proximal de su superficie externa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en el tamaño de los ovocitos. Los pliegues del epitelio folicular son desplazados hacia la periferia y sus células pierden el alto poder mitótico; el núcleo disminuye de tamaño, la cromatina se condensa y el citoplasma del ovocito experimenta importantes cambios debido a la actividad del aparato de Golgi, llenándose de sustancias de reserva (vitelo). • Comienza el desarrollo del corion que aparece como una serie de densas gotas en la interfase entre el epitelio folicular y el ovocito propiamente dicho. • Finalmente estas gotas se fusionan formando una capa continua y algo elástica.



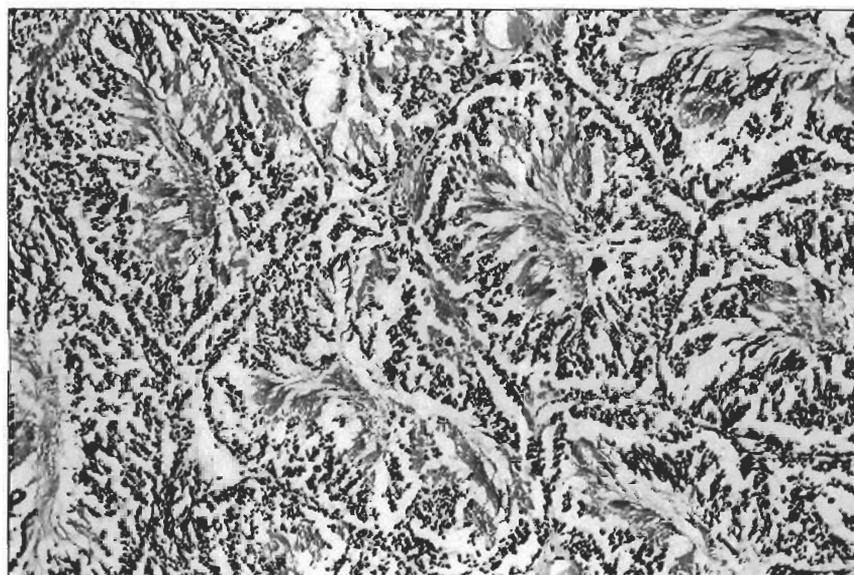
	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO IV PUESTA	<ul style="list-style-type: none"> • Ovario muy grande y desarrollado, de color marfil, con un gran lumen, Aspecto granuloso (ovocitos muy desarrollados en su interior). • Glándula oviductal de máximo desarrollo, con dos anillos conspicuos en su superficie externa, el de menor diámetro de color crema y el de mayor diámetro color café claro. • Oviductos proximales de lumen amplio, más desarrollados en el sector adyacente al ovario que en la cercanía de la glándula oviductal. • Es el estadio previo al desove. 	<ul style="list-style-type: none"> • El citoplasma está completamente lleno de gránulos de vitelo, la capa folicular se vuelve fina y finalmente degenera, dejando a un ovocito maduro que está listo para la ovulación.



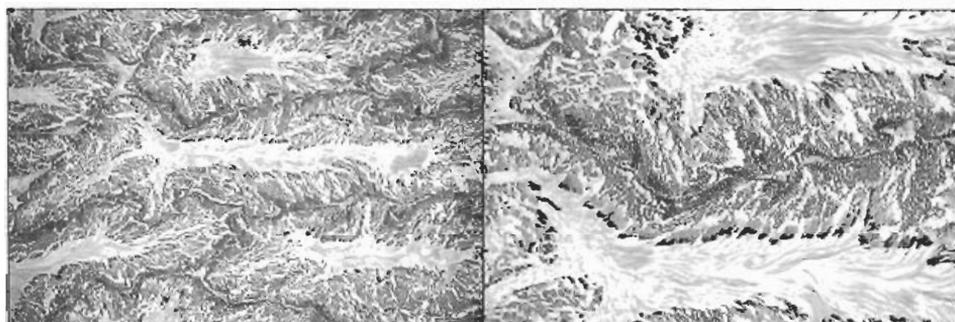
	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO V POSTPUESTA	<ul style="list-style-type: none"> • Ovario flácido, color marrón claro. • Presencia de ovocitos en los oviductos proximales o con el órgano reproductor muy deteriorado, color castaño oscuro. • La glándula oviductal va decreciendo de tamaño a medida que avanza el desove. Normalmente muy grandes. Color crema oscuro a castaño oscuro. 	

MACHOS	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO I INMADUROS	<ul style="list-style-type: none"> • Testículo relativamente grande, turgente, con granulación muy fina. Glándulas accesorias distinguibles pero siempre de color blanco grisáceo. • Masa de espermatóforos indiferenciables en la bolsa de Needham. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los tubos seminíferos están bien definidos pero son pequeños. • Se observan espermatogonias insertadas en las paredes foliculares y algunos espermatocitos en el centro.

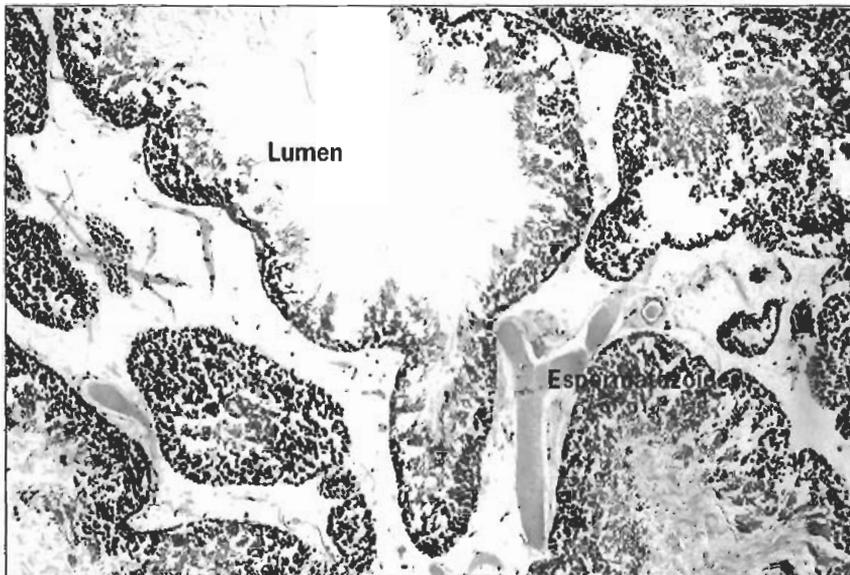
	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO II EN MADURACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Testículo granuloso, turgente. Color blanco-crema, distinguible de las glándulas accesorias. • No espermatóforos, pero la bolsa de Needham formada completamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los tubos seminíferos están claramente definidos. Se observan espermatogonias en las paredes, ha aumentado el número de espermatocitos en el lumen central, en el que es posible encontrar espermátidas y algunos espermatozoides.



	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO III MADUROS	<ul style="list-style-type: none">• Bastantes espermatóforos en la bolsa de Needham, pero al apretar no sale líquido por el pene (los espermatóforos sí pueden salir).	<ul style="list-style-type: none">• Los tubos seminíferos han aumentado de tamaño.• Todos los tipos celulares están presentes, si bien se registra un incremento importante del número de espermatozoides, lo que conlleva que no se observe ningún espacio vacío en el lumen.



	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO IV PUESTA	<ul style="list-style-type: none">• Testículo flácido, claramente separable de sus glándulas accesorias.• Divertículo con lúmen amplio y laxo.• Espermatóforos tanto en divertículo como en el órgano terminal.• Al apretar la bolsa de Needham sale líquido por el pene.	<ul style="list-style-type: none">• Los tubos seminíferos presentan espacios vacíos en el lumen, debido a la transferencia de espermatozoides al complejo espermatofórico y al almacenamiento como espermatóforos en la bolsa de Needham.• Las espermatogonias, espermatocitos y espermatozoides son escasos en los tubos seminíferos.



2.2. *SEPIA OFFICINALIS*

2.2.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Se han analizado un total 1321 ejemplares. De forma similar a lo expuesto para *O. vulgaris*, en la población mediterránea, se sesgaron en lo posible las muestras, con una preponderancia de hembras, si bien no se hizo una selección de tallas, ya que hay versiones contradictorias en cuanto a la diferencia de tallas a la que se alcanza la madurez sexual en machos y hembras. En la población atlántica no se realizó ninguna selección por sexos ni por tamaño.

En la tabla 2 se indica el tamaño muestral mensual, en cada uno de los caladeros.

Tabla 2. *S. officinalis*. Número de ejemplares analizados. H: hembras; M: machos.

Meses	<i>S. officinalis</i> atlántico	H	M	<i>S. officinalis</i> mediterráneo	H	M
Mayo 2001	71	54	17	53	21	32
Junio	21	5	16	52	30	22
Julio	58	15	43	49	27	12
Agosto	33	21	12	44	27	17
Septiembre	37	30	7	47	26	21
Octubre	84	49	35	58	38	20
Noviembre	61	28	33	71	35	36
Diciembre	57	29	28	55	31	24
Enero 2002	59	34	25	62	43	19
Febrero	59	28	31	61	44	17
Marzo	63	29	34	61	33	28
Abril	45	28	17	60	40	20
Nº total	648	350	298	673	397	268

2.2.2 MÉTODOS DE MUESTREO

Los ejemplares de *S. officinalis* de la población atlántica, en mayo y junio de 2001, se capturaron con trasmallo y nasas. En meses posteriores, al igual que en pulpos, se optó por contratar los servicios del arrastrero anteriormente mencionado.

En el litoral mediterráneo, las muestras se capturaron en un principio con la ayuda de una embarcación con un arte de trasmallo; sin embargo, conforme avanzaba el verano, debido al comportamiento migratorio de la especie, incluso realizando un elevado número de salidas, los efectivos capturados eran escasos. Esto llevó a la adquisición de los ejemplares en lonja.

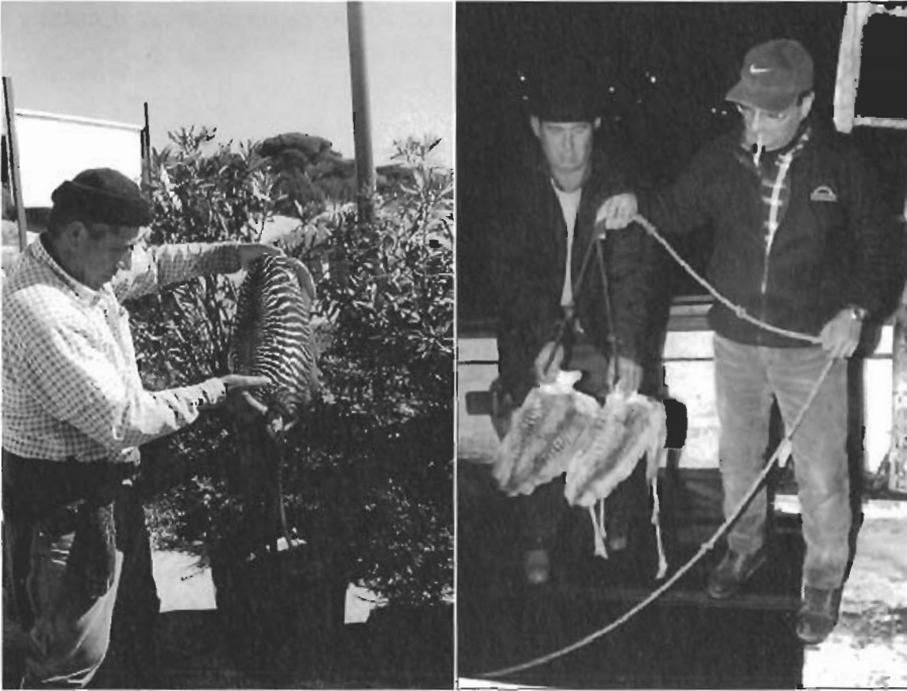


Figura 17. Ejemplares de *S. officinalis* capturados durante el muestreo.

2.2.3 MÉTODOS DE LABORATORIO

A Disección

Los ejemplares que llegaban al laboratorio, antes de la disección eran cuidadosamente lavados, para eliminar en lo posible los rastros de tinta. Antes de la disección se anotaba el peso total (PT) en gramos, la longitud dorsal del manto (LDM) en cm, entendiendo por tal la longitud máxima del sepión, y la longitud ventral del manto (LVM), también en cm.

Posteriormente se procedía a la identificación del sexo, atendiendo a las modificaciones del hectocótilo. En el caso de los machos se observaba la posible existencia de espermátóforos en este brazo, mientras que en hembras se anotaba la presencia de espermangias en el receptáculo seminal. En todos los casos se anotaba la posible mutilación de los ejemplares.

Tras anotar los datos anteriormente indicados se comenzaba la disección de cada uno de los ejemplares. Para ello se colocaba el ejemplar, con la parte dorsal sobre la mesa de disección y se realizaba un corte del manto desde la porción ante-

rior a la posterior, sobrepasando la línea media. Se retiraban todas las vísceras y se aislaba el reproductor, anotándose los siguientes datos:

- Pev: Peso eviscerado (g)
- PO: Peso del ovario (g)
- POG: Peso del oviducto más la glándula (g)
- Presencia/ausencia de óvulos en los oviductos proximal y distal
- PTE: Peso del testículo (g)
- PCE: Peso del complejo espermatofórico (g)
- Descripción del estado de madurez, atendiendo al tipo de óvulos presentes en el ovario y en los oviductos y siguiendo una escala macroscópica propuesta por otros autores.

En *S. officinalis*, dependiendo del estado de madurez en que se encuentre la hembra, es posible distinguir distintos tipos de óvulos:

- Inmaduros: son de pequeño tamaño, blanquecinos y no muestran estriación.
- En maduración: su tamaño es variable, aunque por lo general son mayores que los inmaduros, presentan un color más amarillento, y es posible ver reticulación.
- Maduros: son óvulos lisos, de gran tamaño. Estos óvulos se encuentran en las proximidades del oviducto, e incluso en el oviducto proximal y distal.

B. Procesamiento histológico de las muestras

Aunque como ocurre en *O. vulgaris*, la fecundación es interna, almacenando la hembra el esperma tras la cópula, el hecho de que en *S. officinalis* este reservorio de esperma no se produzca en la glándula del oviducto, cuya función es proporcionar una de las cubiertas del huevo, sino en la membrana bucal, hizo que la selección de las muestras con destino al tratamiento histológico fuera distinto.

De esta forma, el reproductor completo era introducido en un bote, convenientemente identificado, con el fijador correspondiente. Transcurrido el tiempo de fijación necesario, se procesaba una porción de ovario y otra de testículo. En determinadas ocasiones se observaron diversas estructuras del complejo espermatofórico. Los fijadores empleados y el procesado histológico de las muestras es el descrito con anterioridad para pulpo.

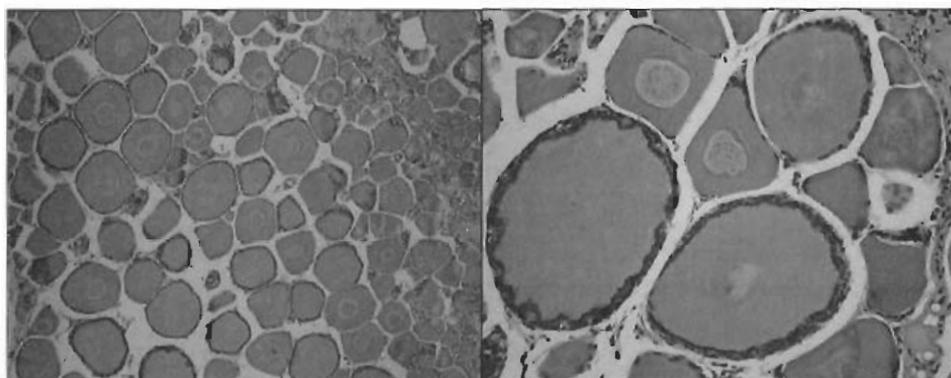
2.2.4. ESCALAS DE MADUREZ SEXUAL

Son numerosas las escalas de madurez sexual basadas en características macroscópicas. De entre ellas, se ha seguido la propuesta por MANGOLD-WIRZ (1963) y modificada por GABR *et al* (1998) para *S. pharaonis* y *S. dollfusi*. En los últimos años, y debido a la necesidad de estudios histológicos apuntada por algunos investigadores, se han publicado algunas clasificaciones de estados microscópicos

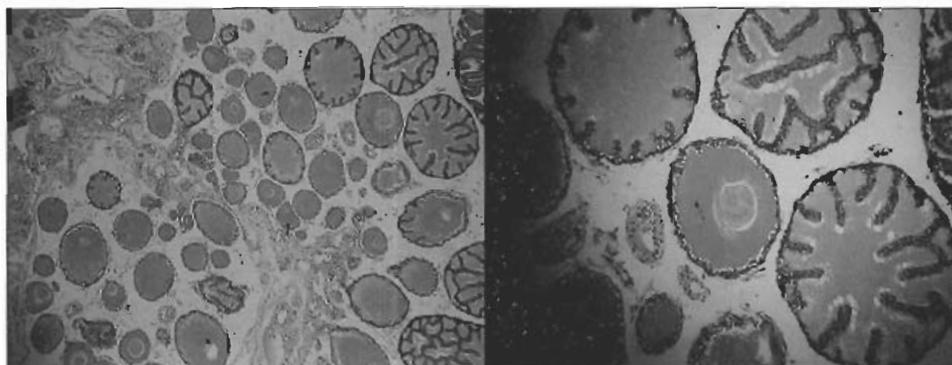
de madurez sexual (BAKHAYOKHO, 1983), de las cuales la más reciente es la empleada para *S. pharaonis* y *S. dollfusi*, por GABR et al, 1998.

En las siguientes tablas se indican las características de cada uno de los estados descritos de acuerdo con las escalas macroscópica y microscópica seguidas

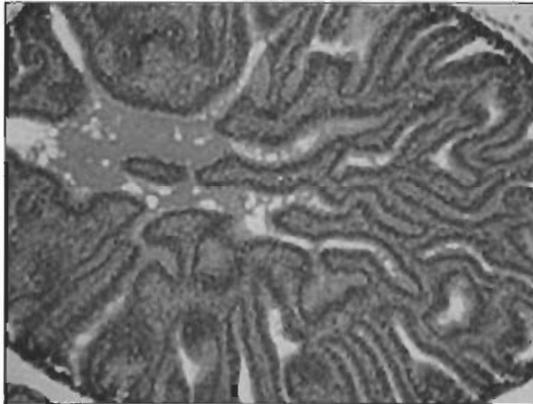
HEMBRAS	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO I INMADURAS	<ul style="list-style-type: none">• El ovario es muy pequeño y no se observan ovocitos transparentes.• Las glándulas nidamentarias son delgadas y transparentes.	<ul style="list-style-type: none">• Los ovocitos en crecimiento están total o parcialmente rodeados por una capa de células foliculares escamosas.



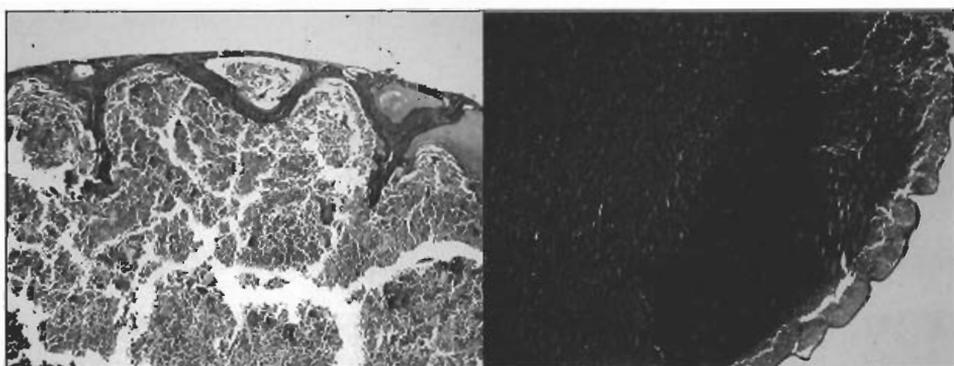
	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO II EN INMADURACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • El ovario es granular con ovocitos pequeños y otros blanquecinos de tamaño mediano, si bien muy pocos muestran reticulación. • Las glándulas nidamentarias se han engrosado, cambiando de transparentes a translúcidas. • El color de las glándulas accesorias varía de blanco cremoso a beige. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los ovocitos están rodeados por una capa de células foliculares que han pasado a ser columnares. • Algunas células foliculares proliferan y desarrollan crestas que se introducen en el citoplasma de los ovocitos en crecimiento. • En algunos ovocitos, las células foliculares forman un sincitio.



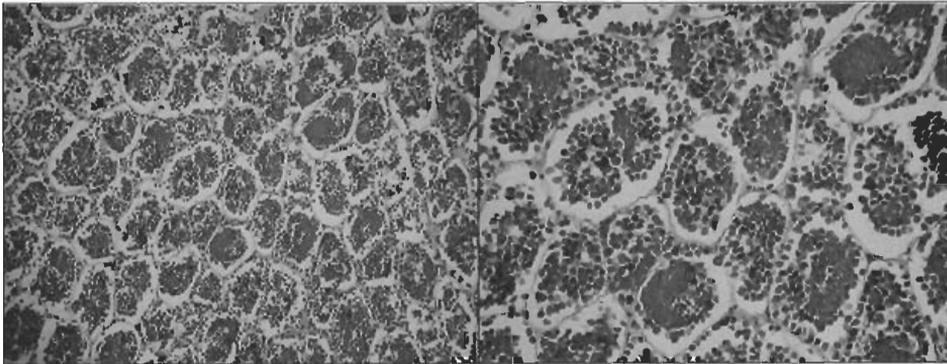
	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO III PREPUESTA	<ul style="list-style-type: none"> • El ovario presenta ovocitos pequeños, de mediano tamaño y óvulos grandes, redondos, reticulados de color amarillento. • Las glándulas nidamentarias son blancas. • El color de las glándulas accesorias varía de amarillo a naranja. 	<ul style="list-style-type: none"> • El epitelio folicular comienza a invadir los ovocitos, siendo el resultado la formación de un sincitio. • Las prolongaciones de este sincitio participan de forma activa en la vitelogénesis y en la formación del corion. • El vitelo elaborado empuja al sincitio folicular hacia la periferia del oocito.



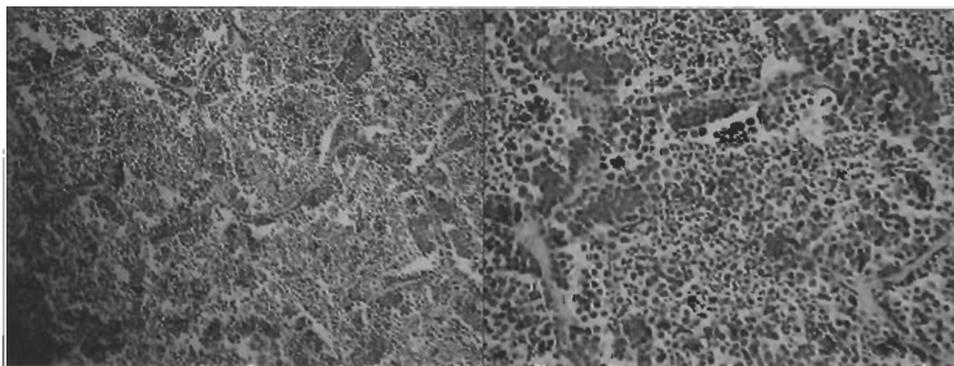
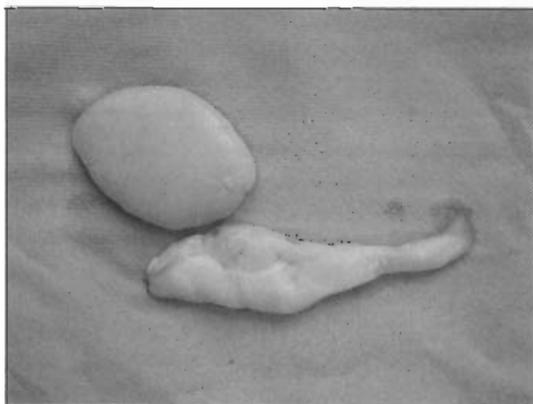
	Escala macroscópica	Escala microscópica
<p>ESTADO IV PUESTA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible encontrar en el ovario óvulos pequeños, medianos, óvulos redondos reticulados de color amarillento y óvulos grandes, lisos y transparentes. • El oviducto proximal está lleno de ovocitos maduros. • Se produce un desplazamiento de los ovocitos maduros del ovario a los oviductos proximal y distal. • Las glándulas nidamentarias se han engrosado y son de color blanco. • Las glándulas accesorias son de color rojo o coral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce la degeneración del sincitio folicular. • Los óvulos maduros ya están listos para la ovulación.



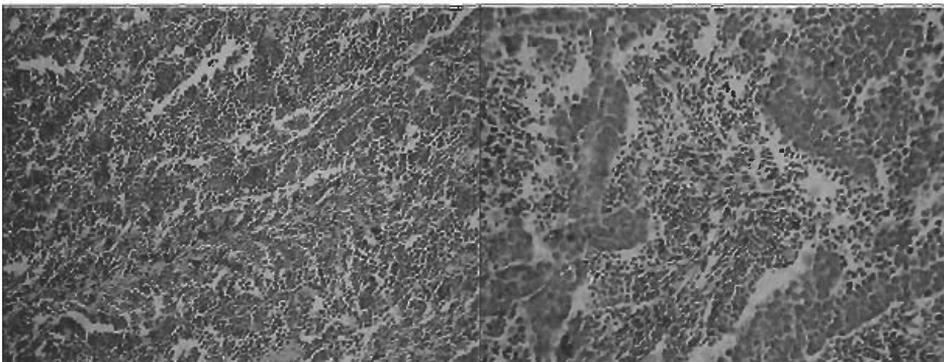
MACHOS	Escala macroscópica	Escala microscópica
<i>ESTADO I INMADURO</i>	<ul style="list-style-type: none"> • El testículo es pequeño. • El órgano espermatofórico está formado. • El hectocótilo está pobremente desarrollado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran número de espermatogonias congregadas en las paredes de los túbulos seminíferos. • Pocos espermatocitos en el centro de los túbulos.



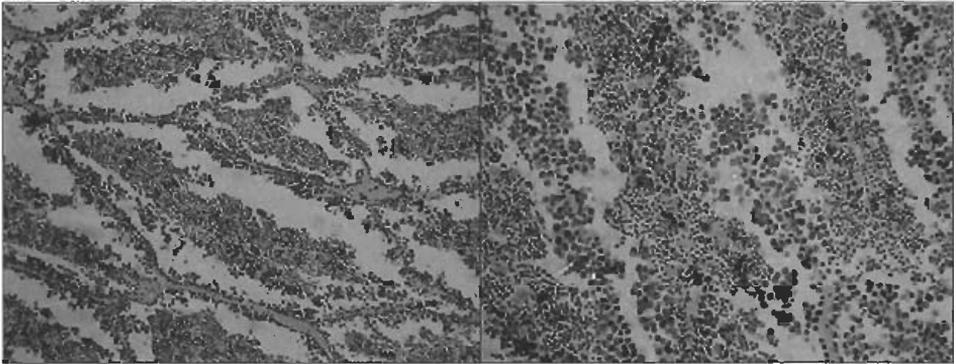
	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO II EN MADURACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • El testículo ha aumentado de tamaño considerablemente . • La bolsa de Needham a menudo contiene espermátóforos la mayoría de ellos pobremente desarrollados. • El hectocótilo está casi completamente formado. • Se identifican las distintas partes del complejo espermatófórico. • Hay algunos espermátóforos en la bolsa de Needham. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay espermatogonias. • Hay más espermatocitos en el centro de los túbulos que en el estado I. • Se observan algunas espermátidas tempranas y posiblemente algunos espermatozoides que reducen la luz de los túbulos.



	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO III TOTALMENTE MADUROS	<ul style="list-style-type: none">• La bolsa de Needham está completamente llena de espermátóforos fuertemente empaquetados.• En los espermátóforos se distingue un filamento espiral, un cuerpo cementante y una masa de esperma• Se identifican las distintas partes del complejo espermatófórico.• Hay algunos espermátóforos en la bolsa de Needham.	<ul style="list-style-type: none">• Hay grandes túbulos seminíferos con todos los tipos celulares presentes, lleno de espermátidas hacia el centro y con espermatozoides en abundancia.



	Escala macroscópica	Escala microscópica
ESTADO IV PUESTA	<ul style="list-style-type: none"> • Más del 70% de los espermatóforos que se encuentran en la bolsa de Needham están degenerando y aparecen como una masa blanca. • Se identifican las distintas partes del complejo espermatofórico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay menos espermatozoides que en el estado III. • Se observan espacios vacíos en el lumen de los túbulos, aunque todavía hay espermatogonias y espermatoцитos.



2.3 TRATAMIENTO DE DATOS

Los índices de condición empleados para ambos cefalópodos son similares, pero no totalmente coincidentes. Por ello, el tratamiento de los datos obtenidos se detallaron para cada una de las especies. De igual forma, se trataron por separado los datos obtenidos del estudio macroscópico con los rendidos por el microscópico, con el fin de comprobar el comportamiento de ambos.

O. vulgaris

A. Datos macroscópicos.

- Se representó la evolución de los distintos estados de acuerdo con la escala de madurez empleada, por sexos a lo largo del año.
- Para la determinación de la talla de madurez sexual se consideraron ambos sexos por separado y por estaciones, con objeto de comprobar la distinta talla

a la que ésta se alcanza en función de los sexos. Se estableció como talla de madurez sexual para todo el año, la que se obtuvo en el periodo de máxima madurez, de acuerdo con el apartado anterior.

- Índices de condición: se siguieron los índices empleados con anterioridad por distintos autores. Los datos se representarán en hembras de acuerdo con la talla de madurez sexual.
- GUERRA (1975).

Índice de madurez en machos: $M = PCE / (PCE + PTe)$

Índice de madurez en hembras: $M = POG / (POG + PO)$

Mientras que el incremento de este índice en machos se relaciona con estados de mayor madurez, consecuencia del almacenamiento de espermatozoides en el complejo espermatofórico, su comportamiento es totalmente contrario para las hembras, ya que el aumento del índice obedece a un claro descenso del peso del ovario.

- FERNÁNDEZ NUÑEZ *et al* (1996)

Índice general de condición, $M = (Pev / LVM^3) * 1000$

MACHOS:

– Índice del complejo espermatofórico: $ICE = (PTE + PCE) / Pev$

HEMBRAS:

– Índice ovario-oviducto: $IOO = (PO + POG) * 100 / Pev$

– Índice de la glándula del oviducto: $IGO = DGO / LVM$

- SILVA *et al*, (2000), empleado para *Eledone moschata*

Índice gonadosomático: $GSI = (PO / PT - PO) * 100$

B. Datos microscópicos

- Se representó la evolución de los distintos estados de acuerdo con la escala de madurez microscópica propuesta, por sexos a lo largo del año.
- Para la determinación de la talla de madurez sexual se siguió el mismo procedimiento que con los datos macroscópicos, y considerando como maduros los ejemplares en estado III y IV.
- Debido al tipo de fecundación que presentan estos animales, se realizó un seguimiento del estado de la glándula del oviducto y del contenido de las

espermatecas. Se representó el porcentaje de glándulas con espermatecas llenas o vacías a lo largo del año, sin tener en cuenta ni la talla ni el estado de madurez microscópico de los ejemplares. Posteriormente se hizo un seguimiento similar, pero separando los ejemplares de acuerdo con el estado de madurez. Con estos datos se pretendía obtener información acerca del posible periodo de almacenamiento del esperma por parte de las hembras.

Se consideró que el periodo en el que la prohibición de capturas será más efectivo vendrá determinado por el momento en que haya más hembras en estado de puesta con las espermatecas llenas, contrastando estos resultados con los obtenidos por el estudio macroscópico, con el fin de comprobar la bondad de estos últimos.

S. *officinalis*

A. Datos macroscópicos

- Se representó la evolución de los distintos estados de acuerdo con la escala de madurez empleada, por sexos a lo largo del año.
- Para la determinación de la talla de madurez sexual se consideraron por separado a machos y hembras y por estaciones, con objeto de comprobar la distinta talla a la que ésta se alcanza, en función de los sexos. Se tomó como parámetro de referencia la longitud dorsal del manto. Se estableció como talla de madurez sexual para todo el año, la que se obtenga en el periodo de máxima madurez, de acuerdo con el apartado anterior. Se considerarán maduros los ejemplares catalogados como III y IV.
- Índices de condición: se siguieron los índices empleados con anterioridad por distintos autores. Los datos se representarán considerando los sexos por separado y dentro de cada uno de ellos, de acuerdo con la talla de madurez sexual.

HEMBRAS:

- Índice gonadosomático :IGS= $100 \cdot PO/PT$
- Coeficiente de madurez: $CM= 100 \cdot (POG+PO)/PT$

MACHOS:

- Índice gonadosomático: IGS= $100 \cdot PTE/PT$
- Índice del complejo espermatofórico, ICE= $100 \cdot PCE/PT$
- Coeficiente de madurez: $CM=100 \cdot (PTE+PCE)/PT$

Tanto en machos como en hembras, estos índices aumentan al unísono con la madurez de los ejemplares considerados.

B. Datos microscópicos

- Se representó la evolución de los distintos estados de acuerdo con la escala de madurez microscópica propuesta, por sexos a lo largo del año.
- Para la determinación de la talla de madurez se siguió el mismo procedimiento empleado con la escala macroscópica.
- Debido al tipo de fecundación que presentan estos animales, se realizó un seguimiento de la presencia o ausencia de espermatangias en el receptáculo seminal. En primer lugar se representó el porcentaje de hembras con el receptáculo seminal lleno o vacío a lo largo del año, sin tener en cuenta ni la talla ni el estado de madurez microscópico de los ejemplares. Posteriormente se hizo un seguimiento similar, pero separando los ejemplares de acuerdo con el estado de madurez. Con estos datos se pretendía obtener información acerca del posible periodo de almacenamiento del esperma por parte de las hembras.

Dado el tipo de reproducción de esta especie, para establecer que periodo de prohibición de capturas es más efectivo, se conjugarán los datos microscópicos con los de los índices de condición, para determinar cual de los distintos episodios de puesta conlleva un mayor descenso de peso en el ovario.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

3.1 OCTOPUS VULGARIS DE LA REGIÓN SURATLÁNTICA

3.1.1 RESULTADOS

3.1.1.1 Determinación de la proporción de sexos

En la región suratlántica, no se ha sesgado el sexo de los ejemplares, haciendo posible un estudio de la proporción de sexos o sex-ratio a lo largo del ciclo anual. Debido al claro dimorfismo sexual que presenta *O.vulgaris*, para establecer el sexo no ha hecho falta basarse en el estudio microscópico puesto que macroscópicamente no hay ninguna confusión entre ambos sexos.

Se han analizado un total de 673 ejemplares (Tabla 3), de los cuales 320 corresponden a hembras (47,55%) y 353 a machos (52,45%) (Figura 18). De acuerdo con estos resultados, se puede considerar una proporción de sexos de 1:1 ($p < 0,01$).

Tabla 3. *Octopus vulgaris*. Distribución de los ejemplares de acuerdo con su sexo, a lo largo del periodo de estudio. H: hembras; M: machos.

Fechas de muestreos	<i>Octopus vulgaris</i>				
	H	%	M	%	N
My 2001	1	14,29	6	85,71	7
Jn	39	65	21	35	60
Jl	20	32,79	41	67,21	61
Ag	24	48,98	25	51,02	49
Sp	21	45,65	25	54,35	46
Oc	29	48,33	31	51,67	60
Nv	24	40	36	60	60
Dc	21	38,89	33	61,11	54
En 2002	35	58,33	25	41,67	60
Fb	26	43,33	34	56,67	60
Mr	36	60	24	40	60
Ab	23	47,92	25	52,08	48
My	21	43,75	27	56,25	48
Total	320	47,55	353	52,45	673

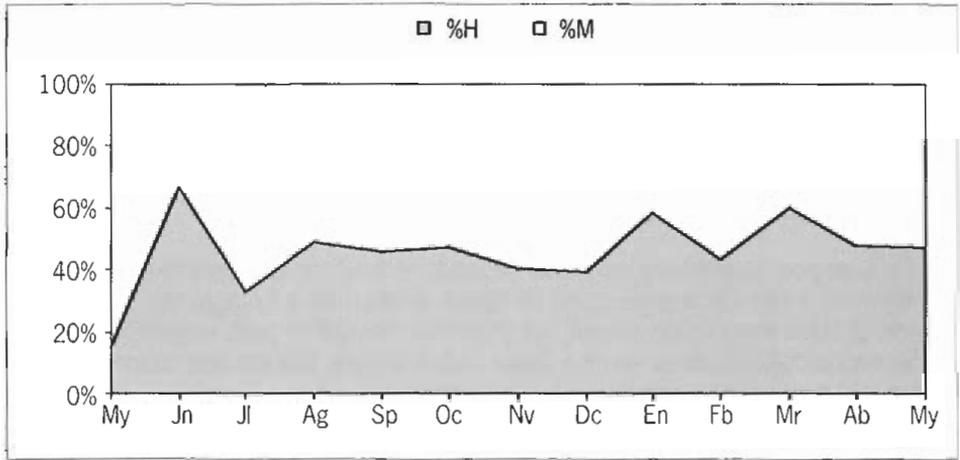


Figura 18. *O. vulgaris*. Evolución del sex-ratio a lo largo del periodo de estudio. H: hembras; M: machos.

3.1.1.2 Ciclo reproductor macroscópico

Para el establecimiento del ciclo reproductor desde un punto de vista macroscópico, se han analizado ambos sexos por separado.

A. Estados de madurez sexual

Se han considerado 673 machos cuyos pesos totales oscilan entre 143 y 3170 g.

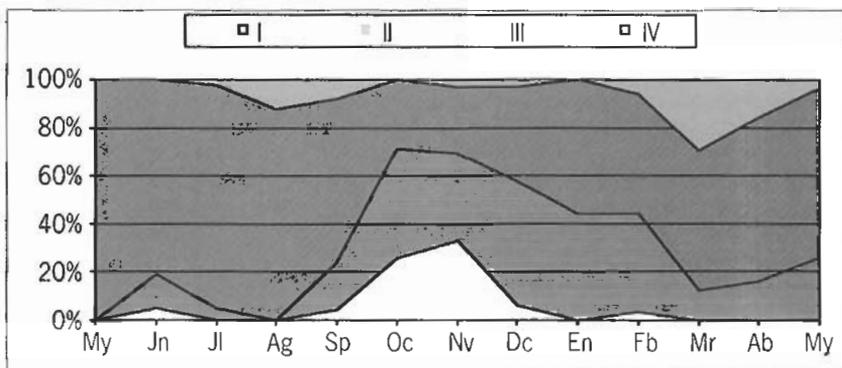


Figura 19. *O. vulgaris*. Estados de madurez sexual en machos de acuerdo con la escala macroscópica.

De acuerdo con los resultados obtenidos (Figura 19), se observa la predominancia de individuos en estado III a lo largo de todo el año, aunque en mayor medida en los meses de primavera y verano. A partir de final de verano, los individuos en estado I y II se hacen más abundantes. Esta variación en los estados de maduración puede estar relacionado con el tamaño de los individuos estudiados, haciendo necesario un seguimiento de la variación de los valores medios de pesos totales (Figura 20) y longitudes ventrales del manto (Figura 21).

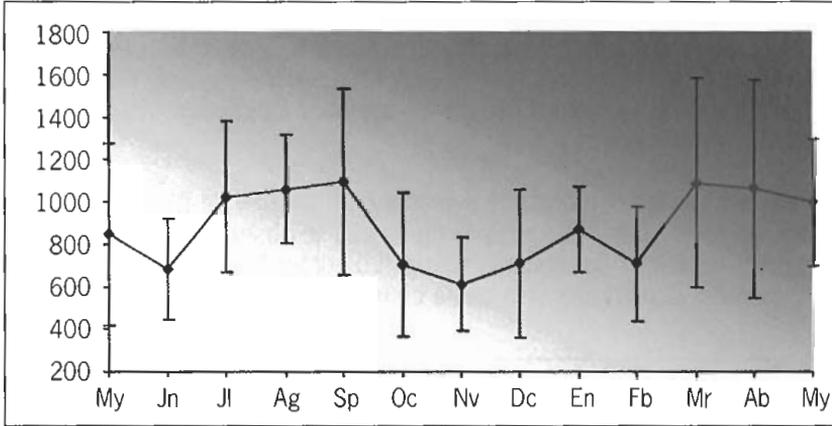


Figura 20. *O. vulgaris*. Evolución de los pesos totales medios de los machos a lo largo del ciclo.

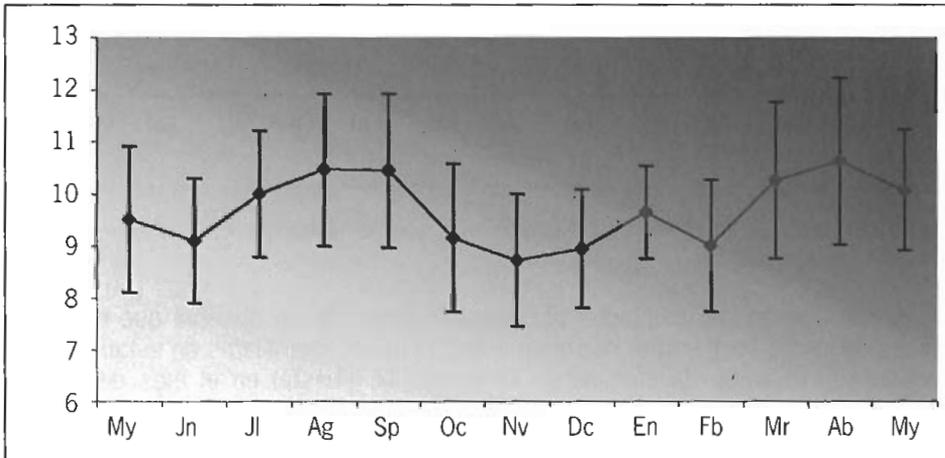


Figura 21. *O. vulgaris*. Evolución de las longitudes ventrales medias de los machos a lo largo del ciclo.

Si comparamos los resultados obtenidos, se observa que el patrón seguido por los pesos totales medios (Figura 20) y las longitudes ventrales del manto (Figura 21) es similar durante todo el ciclo, aumentos en la longitud implican aumentos en los pesos totales y viceversa.

Con respecto a la relación entre los pesos y longitudes medias con el estado macroscópico (Figura 19) de la población, el descenso de peso y longitud en junio, está relacionado con un aumento en el número de individuos en estados de maduración e inmaduros. A continuación, se observa un aumento en los pesos y longitudes medias, que implica un incremento en el número de individuos en estado maduro. A partir de final de verano, los individuos en estado I y II se hacen más abundantes, observándose un descenso de los pesos y longitudes, hasta la primavera que comienzan a aumentar.

En relación con las hembras, se han analizado un total de 320 ejemplares cuyos pesos oscilan entre 30 y 3732 g. En la figura 22, se observan las variaciones de los estados macroscópicos de madurez sexual. Los datos de mayo de 2001 no se han tenido en cuenta, puesto que solo se ha conseguido un ejemplar.

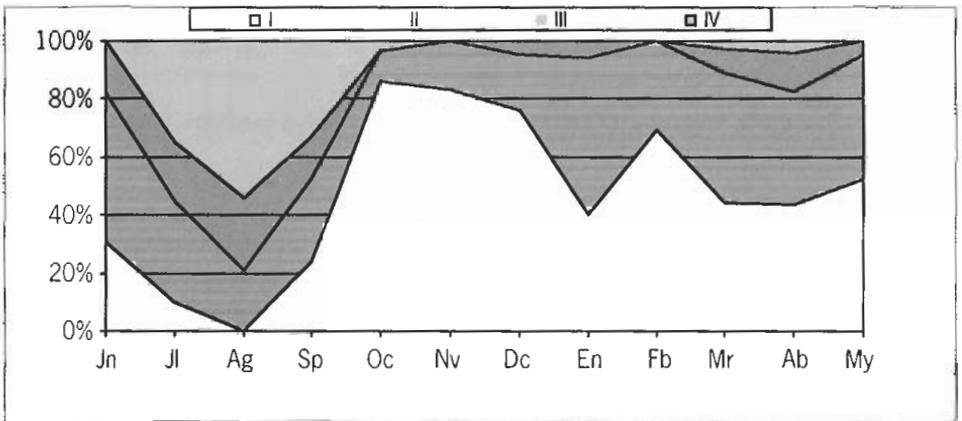


Figura 22. Hembras de *O. vulgaris*. Estados de madurez sexual de acuerdo con la escala macroscópica.

Si analizamos los resultados obtenidos (Figura 22), se observa que entre los meses de julio a septiembre, existe un aumento en los ejemplares en estado III y IV, con un pico máximo de ejemplares en estado IV (puesta) en el mes de agosto (56,52%). Posteriormente, a partir de octubre, se observa un descenso de los individuos maduros, con un pico máximo de ejemplares en estado I (86,21%). El periodo de regresión continúa hasta marzo, mes a partir del cual, comienza el desarrollo de la población. Al igual que en el caso de los machos, esta variación en los estados de maduración puede estar relacionada con el tamaño de los individuos estudiados. Las figuras 23 y 24 hacen un seguimiento de la variación de los pesos totales.

les y las longitudes ventrales del manto a lo largo del ciclo anual. En ambos casos, se han tomado los valores medios de pesos totales y longitudes ventrales del manto de cada una de las muestras.

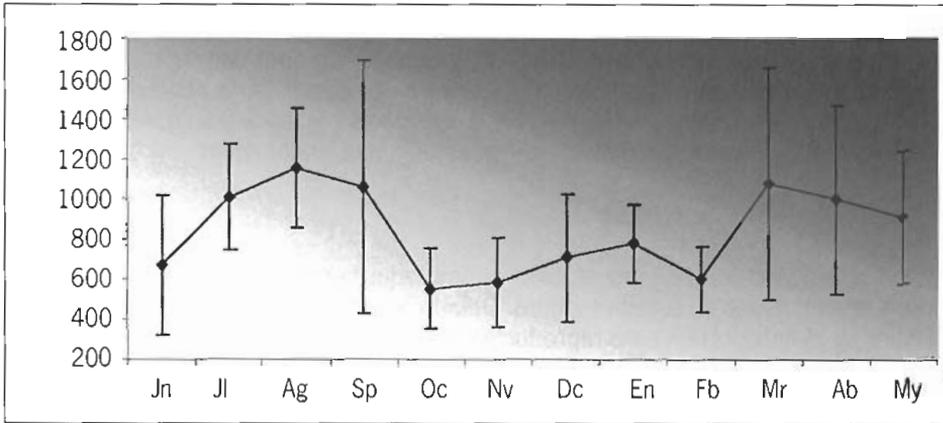


Figura 23. *O. vulgaris*. Evolución de los pesos totales medios de las hembras a lo largo del ciclo.

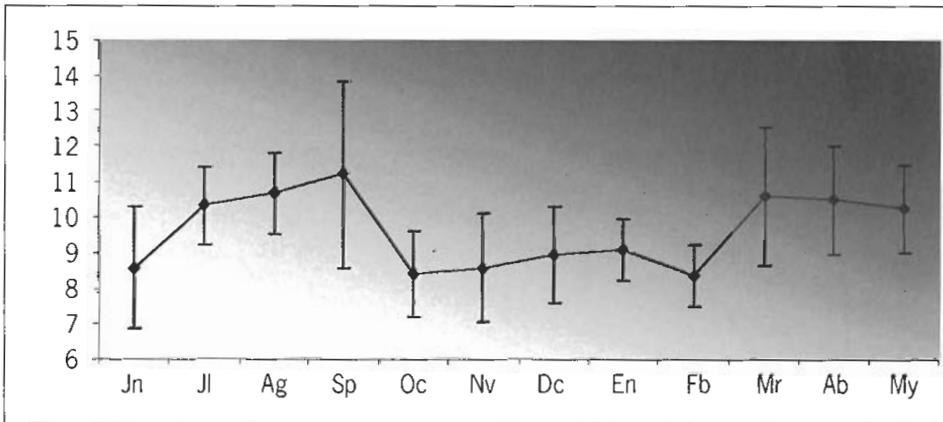


Figura 24. *O. vulgaris*. Evolución de las longitudes ventrales medias de las hembras a lo largo del ciclo.

Analizando los resultados obtenidos en las figuras 23 y 24, se observa como tanto la evolución de los pesos medios como de las longitudes ventrales, presenta una tendencia similar a lo largo de todo el ciclo anual, si bien, las desviaciones respecto a la media son mucho más acusadas en el caso de los pesos que de las longitudes, presentando un rango de variación entre el 25,35% del mes de enero y el 59,56% de septiembre, para el caso de los pesos medios totales y entre 9,82% de enero y el 23,73% de septiembre para el caso de las longitudes. El patrón que se

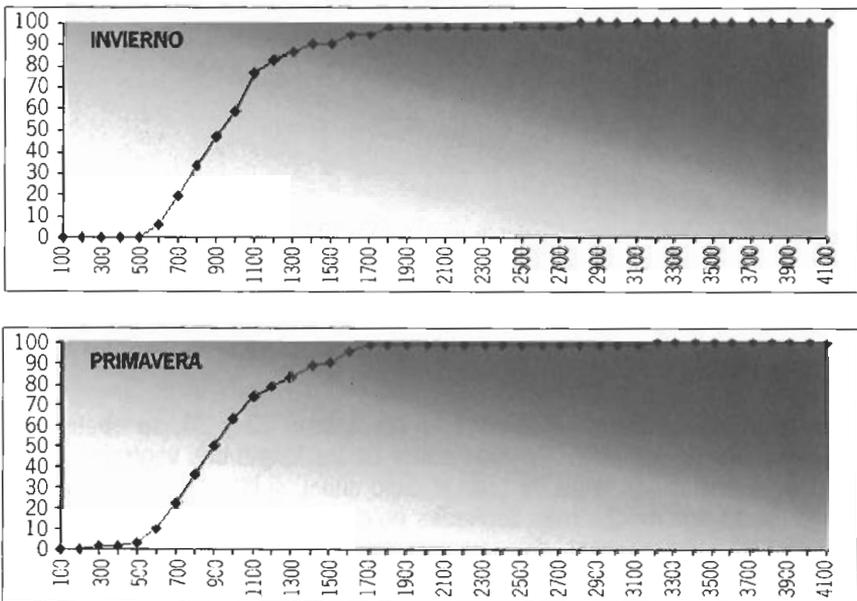
observa, en ambos casos, es un aumento en los meses de julio, agosto y septiembre, a continuación un descenso hasta el mes de febrero, inclusive, para posteriormente, aumentar en marzo y mantenerse más o menos constante (o bien disminuir ligeramente) en el resto de los meses. Comparando estos resultados con los obtenidos por medio de observación macroscópica (Figura 22), se observa que el descenso de peso tan acusado en octubre, se puede explicar, por una parte, por la existencia de individuos de menor tamaño y, por otra, porque al haber concluido el periodo de puesta, las hembras maduras han desaparecido (muerte por inanición) y sólo permanecen las inmaduras o en primeros estadios de maduración.

B. Talla de madurez sexual

La talla de madurez sexual se define como aquella en la cual, el 50% de los individuos se encuentra en estado maduro. Debido a la mayor precocidad sexual de los machos, y al comportamiento reproductivo de la especie, se ha considerado necesario analizar los datos de ambos sexos por separado y, dentro de cada uno de los sexos, diferenciar por estaciones.

Para dar uniformidad con otros autores, se han considerado los pesos totales en intervalos de 100 g, eliminando los ejemplares que presentaban signos de mutilación y considerando como maduros los estados III y IV.

En el caso de los machos los resultados obtenidos se observan en la siguiente Figura 25.



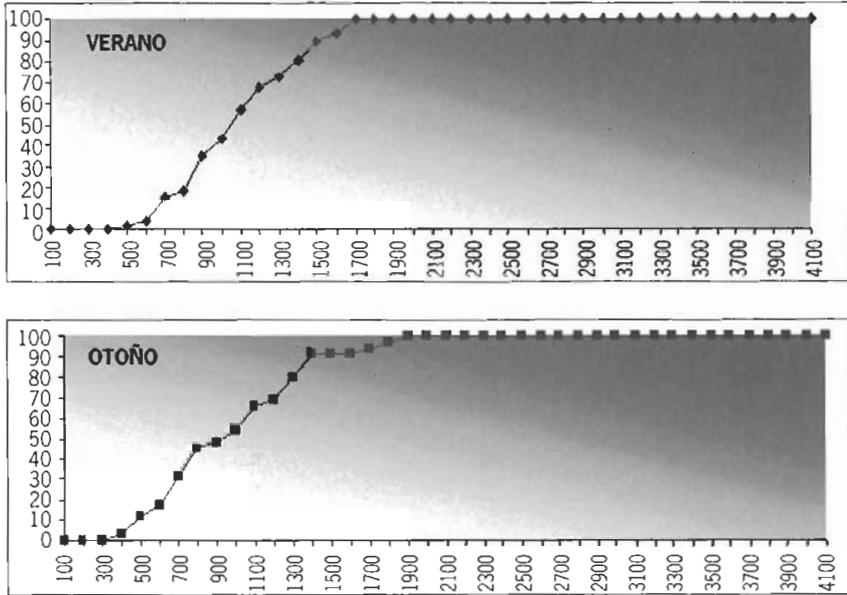


Figura 25. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en machos en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, el peso total en gramos.

Analizando cada una de las gráficas por separado, se observa que en invierno, en el intervalo entre 900-1000 g un 58,82% de la población está sexualmente madura. En primavera, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo de 800-900 g, en el cual, un 50% de la población está en estado avanzado de desarrollo gonadal (III y IV). Paralelamente, en verano, temporada en la cual existe un mayor número de ejemplares que macroscópicamente están sexualmente maduros, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo entre 1000-1100 g, en el cual, el 57% de la población presenta madurez sexual. Por último, en otoño, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo de 900-1000 g, con un 54,29% de ejemplares maduros.

Teniendo en cuenta estos resultados, y considerando que la talla de madurez sexual ha de establecerse en los meses en que exista el mayor número de ejemplares maduros, se considera el verano como la estación idónea para establecer la talla macroscópica de madurez sexual que queda establecida, por tanto, en 1000 g.

Respecto a las hembras, los resultados se observan en la figura 26.

La reproducción del pulpo y el choco en la costa andaluza

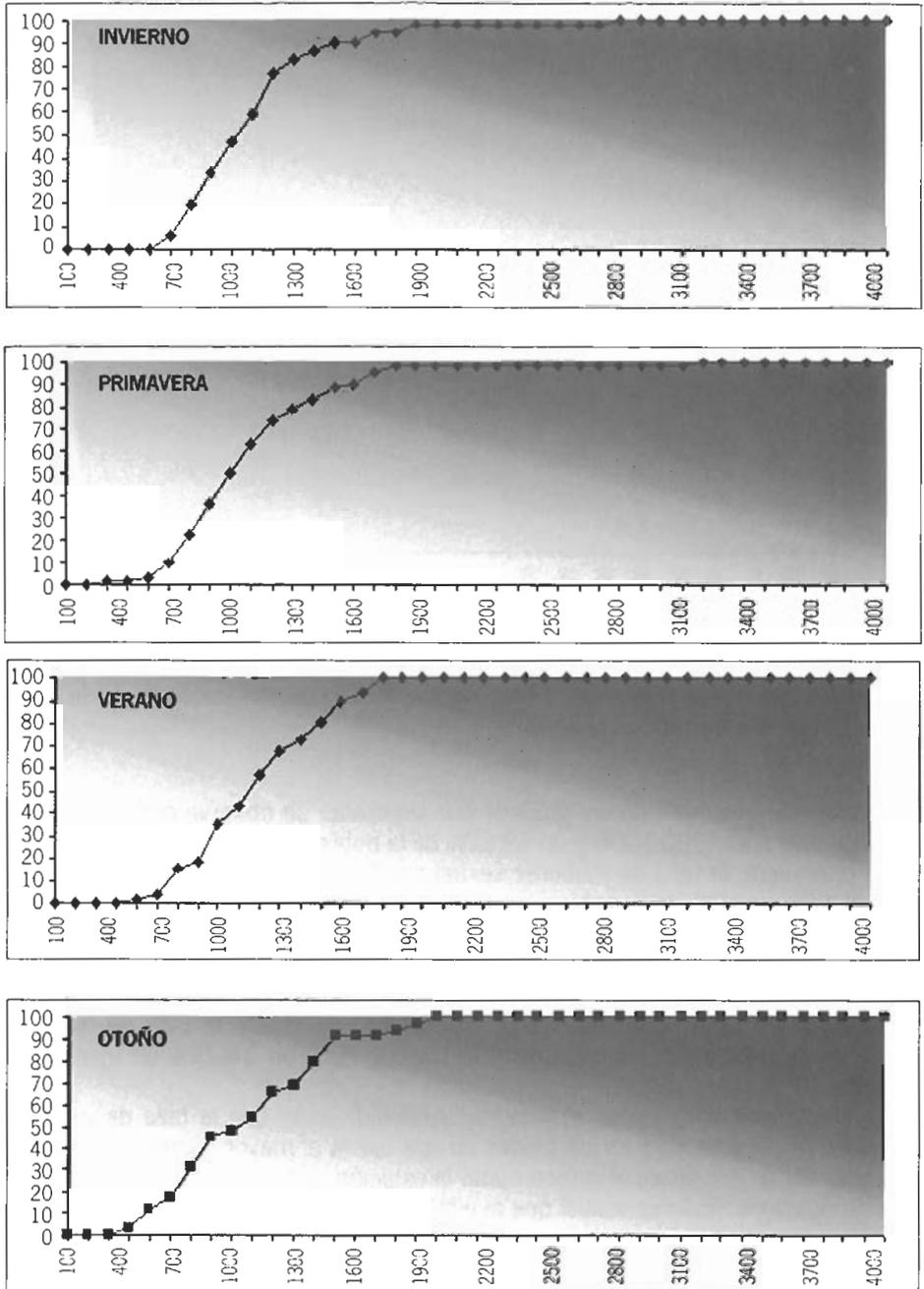


Figura 26. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en hembras en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, el peso total en gramos.

Analizando cada una de las estaciones por separado, se observa que en invierno, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo 1000-1100 g, con un 60% de la población con desarrollo gonadal avanzado. De todas maneras, estos resultados hay que tomarlos con mucha cautela puesto que sólo una pequeña parte de la población está madura sexualmente.

En primavera, un 60% se encuentra sexualmente maduro en el intervalo 1200-1300 g. Por los mismos casos anteriormente expuestos, estos resultados hay que tomarlos con mucha cautela. De igual manera, en verano, temporada con mayor número de ejemplares en estado maduro, la talla de madurez sexual se alcanza a los 1100-1200 g, con un 56% de la población en estado de desarrollo gonadal. Otoño, época en la cual sólo se ha encontrado un individuo maduro, la talla de madurez sexual es totalmente errónea, no siendo posible extraer ningún dato de interés sobre ella, a excepción de saber que el único individuo maduro que se ha encontrado presenta un peso de 1619 g.

De todos los datos obtenidos, se puede establecer como talla de madurez sexual para hembras de *O. vulgaris*, basándonos exclusivamente en criterios macroscópicos, 1100 g.

C. Índices de condición

Se han analizado una serie de índices de condición y gonadosomáticos, con objeto de contribuir al conocimiento de la biología reproductiva y establecer el patrón reproductivo de esta especie. Para ello, se han considerado por separado machos y hembras.

En el caso de los machos, la variación del índice de condición general CI se muestra en la figura 27.

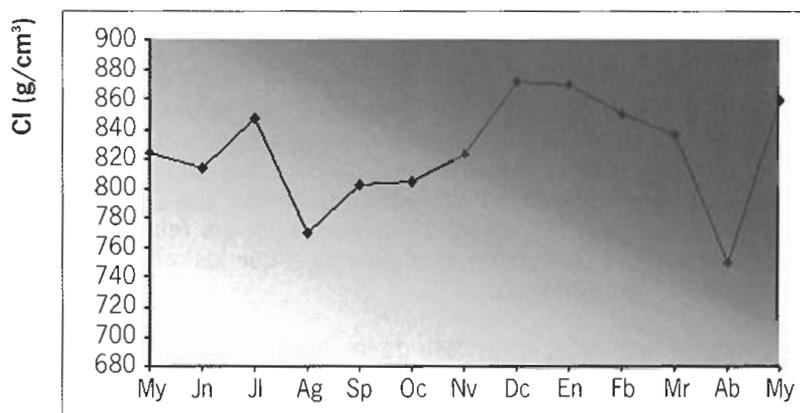


Figura 27. *O. vulgaris*. Índice de condición general en machos.

Analizando los datos obtenidos en la figura 27, se observa que presenta valores mínimos en abril (750,16 g/cm³) y agosto (770,35 g/cm³), mientras que el máximo se alcanza en diciembre (871,85 g/cm³). El patrón que sigue es, principalmente, descender en primavera y verano (con excepciones como los meses de mayo y julio) y aumentar en otoño e invierno. Su comportamiento parece ser inverso al del desarrollo gonadal.

Respecto al índice de madurez (M) establecido por Guerra (1975), la evolución que presenta a lo largo del periodo de estudio, se muestra en la figura 28.

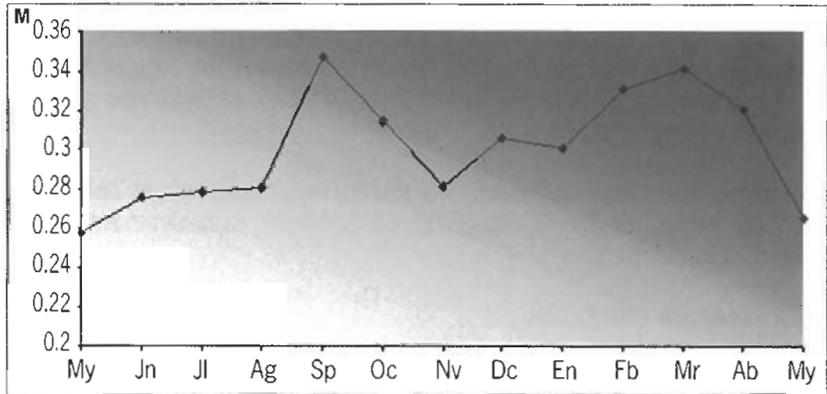


Figura 28. *O. vulgaris*. Índice de madurez en machos.

A medida que avanza el proceso de maduración, el testículo y el complejo espermatofórico aumentan de tamaño, cada vez más lentamente en el caso del testículo y continuamente en el caso del complejo espermatofórico, hasta igualar y superar al del testículo, de tal forma que, conforme aumenta la maduración, el índice de madurez aumenta.

Analizando los resultados obtenidos (Figura 28), se observa un aumento progresivo del índice de madurez (M), desde mayo hasta agosto, con un fuerte incremento en septiembre, mes en el que alcanza su cota más alta. Posteriormente, el índice tiende a ir disminuyendo en octubre y noviembre, para, a continuación, ir aumentando hasta el mes de marzo, inclusive. Según los resultados obtenidos, podemos considerar que septiembre es el mes en el que los machos presentan un estado de madurez más avanzado.

El último índice analizado, en el caso de los machos, es el índice del complejo espermatofórico: ICE. La figura 29 muestra los resultados obtenidos.

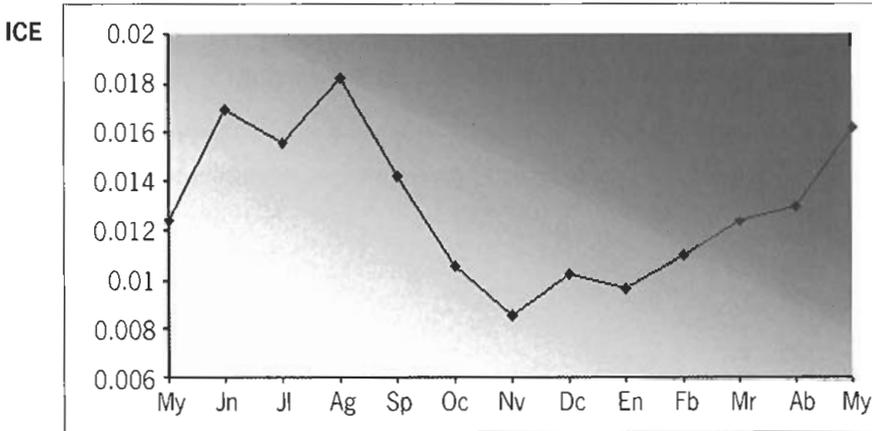


Figura 29. *O. vulgaris*. Evolución del índice del complejo espermatozóico a lo largo del ciclo.

Analizando los resultados obtenidos (Figura 29), se observan dos picos de gran importancia: uno en junio (0,017) y otro, máximo, en agosto (0,018). A continuación, se observa un descenso progresivo hasta el mes de noviembre, seguido de un incremento durante el resto del año. La tendencia general que muestra, por tanto, es claramente estacional, aumentando en primavera y verano y descendiendo en otoño e invierno, aunque no se trata de cambios muy bruscos sino más bien progresivos.

Según los resultados obtenidos, asumiendo que valores altos de este índice, pueden asociarse con la maduración, agosto y, en menor medida junio, son los meses de mayor desarrollo gonadal.

En el caso de las hembras, debido a la presencia de ejemplares inmaduros y en maduración durante todo el ciclo, se han analizado los índices considerando dos grupos, los que superan la talla de madurez propuesta y aquellos que no la alcanzan. La talla de madurez propuesta es la que se ha obtenido por medio de observaciones microscópicas y cuyo análisis se explicará en un apartado posterior. En este caso, basta decir que dicha talla se ha establecido en 1100 g de peso total (igual que la obtenida por criterios puramente macroscópicos).

Al igual que en el caso de los machos, se ha seguido la evolución del índice de condición general (CI). Los resultados se muestran en la figura 30

En el mes de octubre, no se han encontrado ejemplares de hembras que superen la talla de 1100 g, quedando un espacio vacío en este y en el resto de los índices que se tratan posteriormente. Analizando los resultados obtenidos, se observa que ambas poblaciones de hembras siguen un patrón similar, aunque existen diferencias. En agosto, el índice de condición de las hembras menores de 1100 g disminuye, mientras que en las mayores aumenta ligeramente. A continuación, existe un aumento progresivo del índice desde septiembre hasta enero (hembras > 1100 g)

y febrero (hembras < 1100 g). A partir de este punto, se produce un descenso paulatino hasta abril (hembras > 1100 g) y mayo (hembras < 1100 g). Respecto al mes de mayo de las hembras > 1100 g, se observa un incremento.

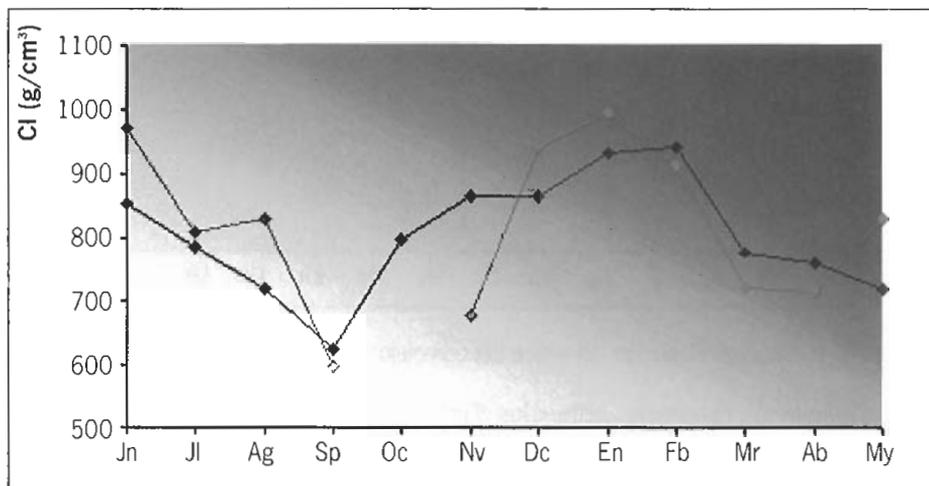


Figura 30. *O. vulgaris*. Evolución del índice de condición general en hembras. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

Los resultados obtenidos, nos muestran un patrón mucho más suavizado en el caso de las hembras < 1100g, con variaciones mucho menos bruscas. Una explicación posible puede ser, por una parte, el hecho de que la muestra de hembras < 1100 g es mucho más representativa, hay un mayor número, y, por otra, la mayor sincronía que presentan, puesto que en ejemplares mayores coexisten individuos en estado II con otros en estados mucho más avanzados.

Partiendo de la base de que este índice está inversamente relacionado con el estado de maduración, valores mínimos de éste indican estados avanzados de maduración, podemos considerar, que septiembre es el mes en el que se observa un mayor número de hembras maduras.

Con respecto al índice de madurez (M) de Guerra (1975), los resultados se observan en la figura 31.

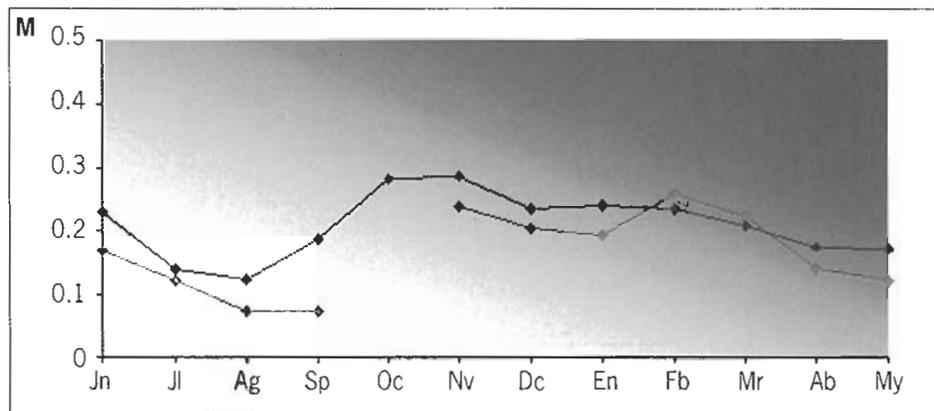


Figura 31. *O. vulgaris*. Evolución del índice de madurez en hembras. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

El proceso de maduración de las hembras conduce a un enorme desarrollo del ovario a medida que los huevos van madurando en su interior. En la relación entre el peso de la glándula oviductal más los oviductos frente al ovario, se ha observado una gran variabilidad, aumentando mucho más espectacularmente el peso del ovario que el de la glándula oviductal y oviductos. Como consecuencia de esto, conforme aumenta la maduración, el índice disminuye. Analizando los resultados obtenidos (Figura 31), se observa que el índice de madurez, tanto para las hembras >1100 g como para las hembras <1100 g, presenta un patrón similar, con un descenso en primavera y verano y un aumento en otoño e invierno. Los picos máximos se observan en el mes de noviembre (0,24 para hembras >1100 g y 0,29 para las que no alcanzan esta talla) y los mínimos en septiembre para las hembras mayores (0,072) y en agosto para las menores (0,12). Según los resultados obtenidos por este índice, podemos establecer, por tanto, un claro comportamiento estacional en las hembras de *O. vulgaris*, con valores máximos de madurez en septiembre y agosto.

Otro índice a analizar es el del ovario-oviducto (IOO) (Figura 32).

La tendencia general que muestra IOO es similar en ambas poblaciones, con un descenso en los meses de otoño, invierno y un incremento en verano. El pico máximo se observa, para ambas poblaciones, en septiembre, con la salvedad de que, si bien en ambas existe este aumento, en el caso de las hembras >1100 g es mucho más acusado (6,88), dando idea de que septiembre es el mes en el que el desarrollo sexual de las hembras >1100 g es máximo.

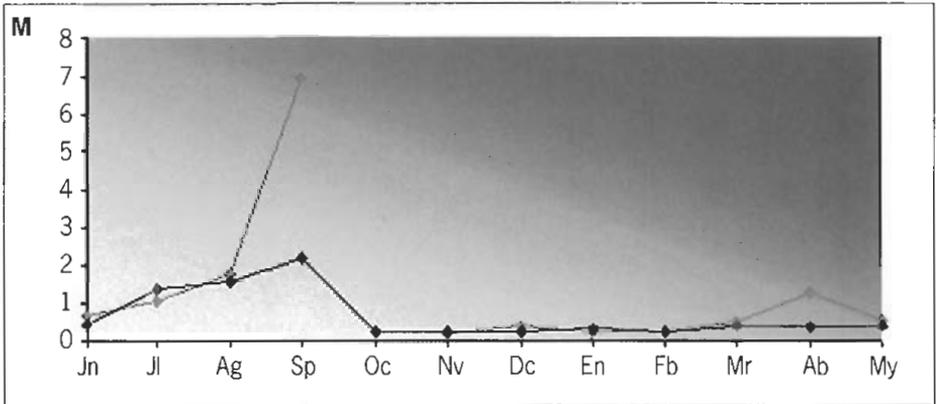


Figura 32. *O. vulgaris*. Evolución del índice del ovario-oviducto. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

Otro índice a tratar, es el que (al igual que el anterior) analiza la relación entre la gónada y el peso del ejemplar: GSI. La evolución del índice se observa en la figura 33.

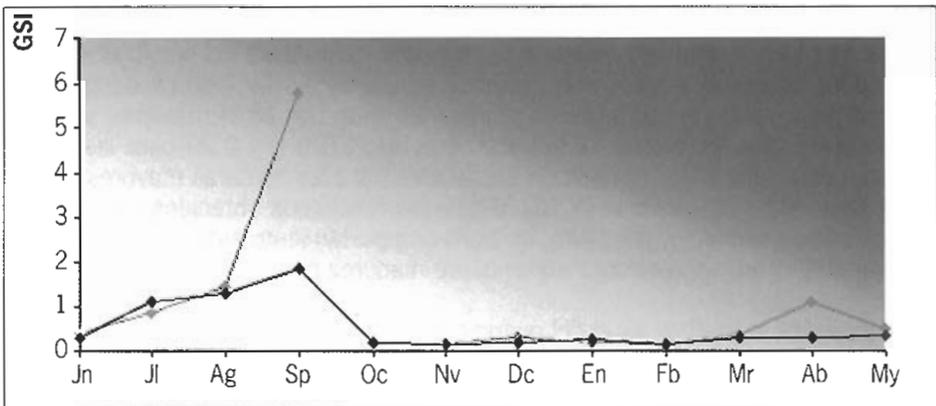


Figura 33. *O. vulgaris*. Evolución del índice gonadosomático en hembras. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

El patrón que se observa es idéntico al obtenido anteriormente para el índice IOO; al tratarse de índices que relacionan el peso del ovario-reproductor respecto al peso total-viscerado, es lógico pensar que la tendencia sea similar. Debido a esto, los resultados obtenidos en IOO son extrapolables a este índice.

Por último, con objeto de aportar más datos a la reproducción de *O. vulgaris*, se ha estudiado la evolución del índice de la glándula del oviducto: IGO (Figura 34).

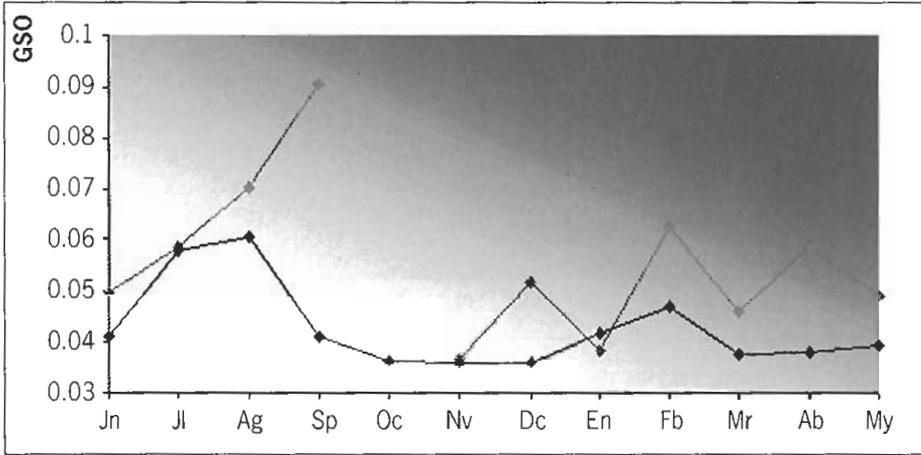


Figura 34. *O. vulgaris*. Evolución del índice de la glándula del oviducto. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

Los resultados obtenidos muestran diferencias entre ambas poblaciones. Si bien, las hembras >1100 g presentan un pico máximo en septiembre, coincidiendo con el mes de máxima madurez sexual, en el caso de las inmaduras, el pico máximo se observa en agosto, mientras que en septiembre existe un descenso importante. En el resto de los meses, las hembras inmaduras (<1100 g) presentan un descenso progresivo, hasta el mes de enero que se observa un incremento, con un ligero descenso que se mantiene constante en marzo, abril y mayo. El comportamiento de las hembras maduras es ligeramente diferente, con pequeños picos en diciembre, febrero y abril, aunque los mayores valores se observan en los meses veraniegos. Los resultados obtenidos indican que, en el mes de septiembre, las hembras de menor talla no presentan las glándulas oviductales tan desarrolladas.

3.1.1.3 Ciclo gametogénico

A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal

Al igual que para el establecimiento de estados macroscópicos de maduración, se han analizado un total de 353 machos, cuyos pesos oscilan entre 143 g y 3170 g (Figura 35).

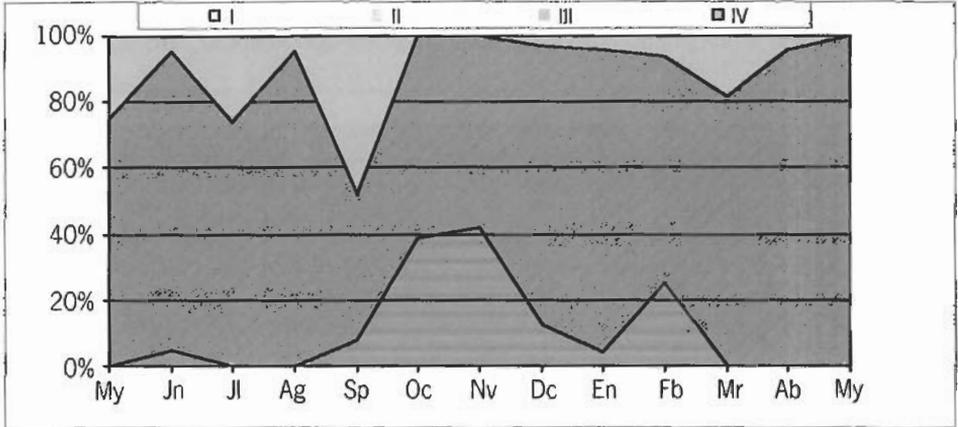


Figura 35. *O. vulgaris*. Estados de desarrollo gonadal en machos a lo largo del ciclo.

Los resultados obtenidos muestran la predominancia de individuos en estado III a lo largo de todo el ciclo anual. En el mes de septiembre se observa el porcentaje más alto de individuos en estado IV (48%), mientras que en mayo el 100% de los individuos analizados se encuentra en estado III. En los meses de octubre, noviembre y febrero, se observa un porcentaje importante de individuos en estado II (maduración).

Resumiendo, podemos afirmar que los machos de *O. vulgaris* de la región suratlántica presentan un comportamiento reproductivo en el cual, a lo largo de todo el año, existen individuos maduros aunque este porcentaje aumenta en los meses de primavera y verano.

Este comportamiento no parece ser similar en el caso de las hembras. Para el establecimiento de los estados microscópicos de madurez, se han analizado un total de 320 hembras, cuyos pesos oscilan entre 30 y 3732 g.

Observando los resultados obtenidos (Figura 36), podemos afirmar que el periodo de puesta se produce, principalmente, en los meses de verano, entre julio y septiembre, alcanzándose los mayores valores en agosto y septiembre, ambos con un 47,62% de la población en estado IV. De conformidad con los resultados obtenidos, parece que a igualdad de porcentaje de individuos en estado IV, septiembre es un mes donde las puestas son más eficaces, los ovarios presentan un mayor peso. El hecho de encontrar individuos en estado I es debido a que el 33,33% de los ejemplares analizados presentan pesos por debajo de 700 g, siendo el tamaño un factor limitante para la maduración.

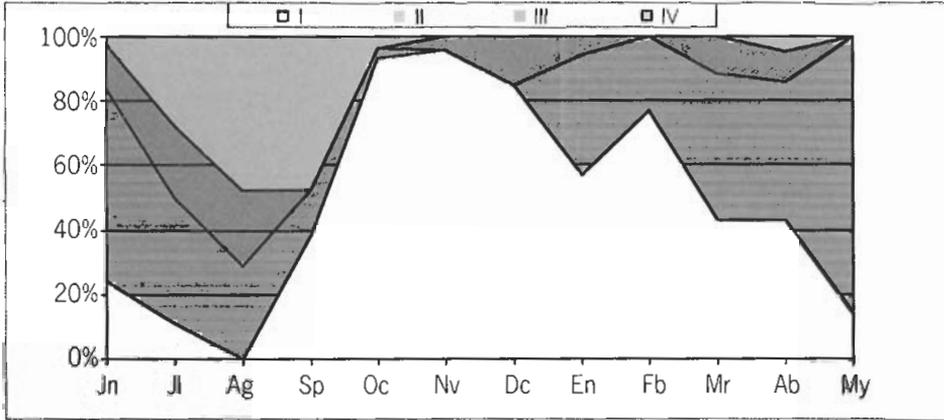


Figura 36. *O. vulgaris*. Estados de desarrollo gonadal de hembras a lo largo del ciclo.

B. Talla de madurez sexual

Al igual que para el caso del establecimiento de la talla de madurez sexual por observación macroscópica, se ha considerado necesario analizar los resultados de ambos sexos por separado y, dentro de cada uno de los sexos, diferenciar por estaciones.

Se han establecido intervalos de 100 g, eliminando los ejemplares que presentaban signos de mutilación y considerando como maduros los estados III y IV.

En el caso de los machos los resultados obtenidos se observan en la figura 37.

Analizando cada una de las gráficas por separado, en invierno se obtiene que el 56,7% de la población alcanza la talla de madurez sexual en el intervalo 800-900 g. En primavera, en el intervalo de 800-900 g, el 57,75% de la población ya está madura. De igual forma, en verano también existe un alto porcentaje de individuos maduros, alcanzándose la talla de madurez sexual en el intervalo de 1000-1100 g. Por último, en otoño, estación en la cual la mayor parte de los ejemplares están en estado inmaduro o en maduración, se observa que la madurez sexual se alcanza en el intervalo de 600-700 g.

Con los resultados obtenidos, podemos establecer como talla de madurez sexual, aquella que se obtiene en la estación del año en la que existe un mayor número de individuos maduros. De esta forma, aunque se observan altos porcentajes de individuos maduros a lo largo de todo el año, la primavera es la estación en la que es mayor, estableciéndose, por tanto, una talla de madurez sexual de 800 g.

La reproducción del pulpo y el choco en la costa andaluza

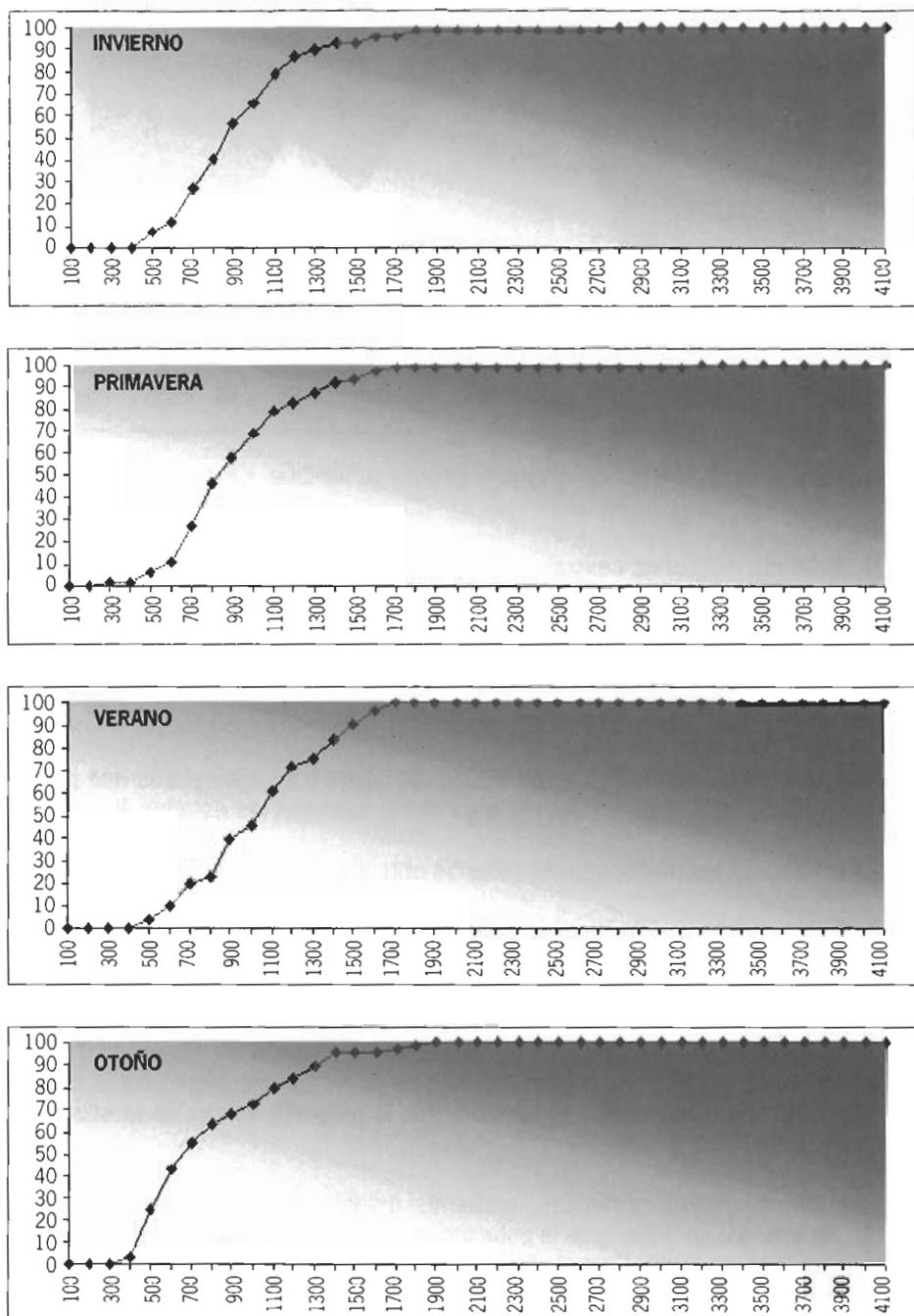


Figura 37. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en machos en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, el peso total en gramos.

Resultados y Conclusión

Con respecto a las hembras, los resultados se observan en la figura 38.

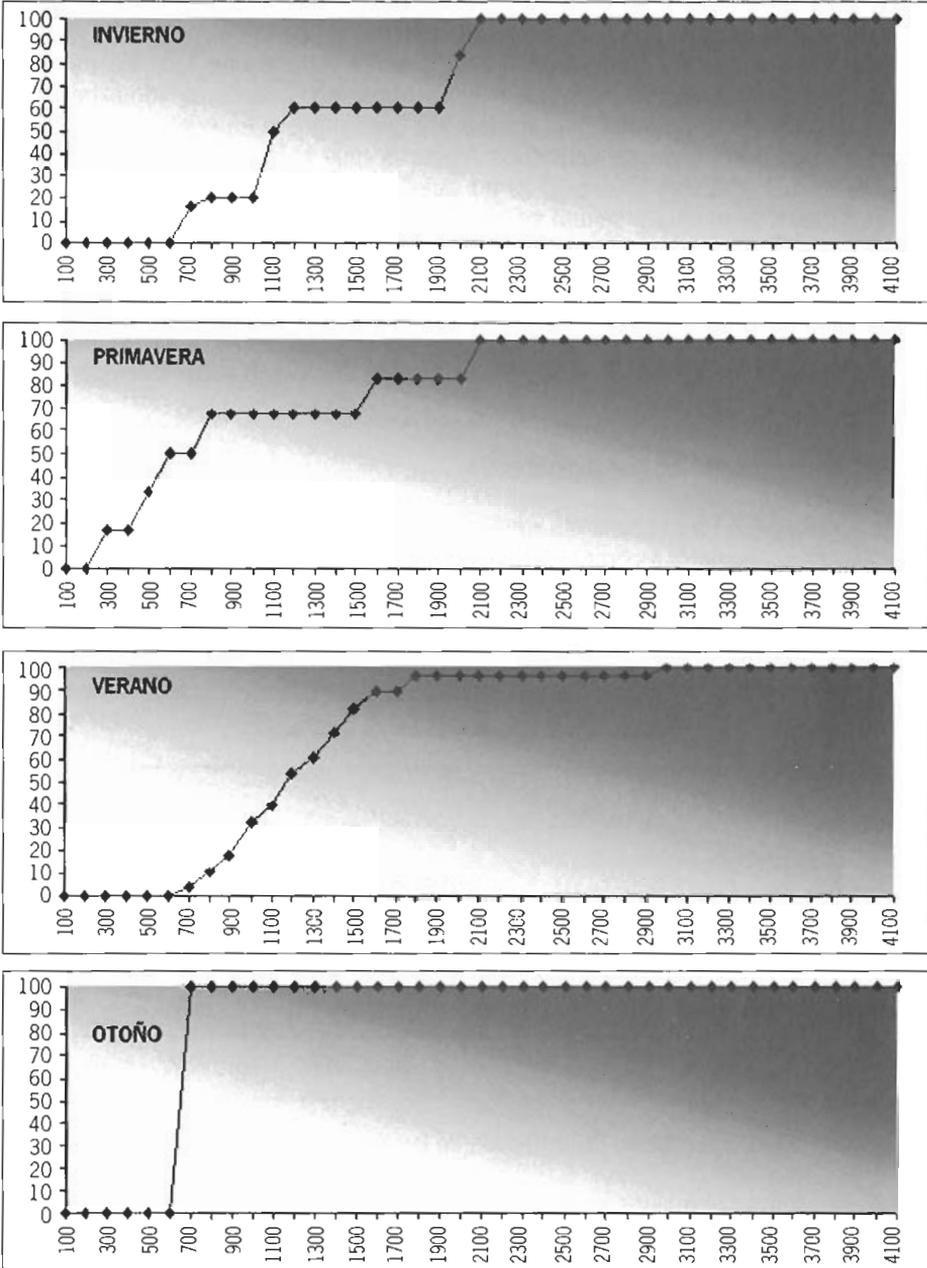


Figura 38. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en hembras en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, el peso total en gramos.

Desglosando los resultados obtenidos, se observa que las hembras de *O. vulgaris*, presentan un comportamiento reproductor bastante diferente al de los machos, más estacional. Prueba de ello es que en invierno, un pequeño porcentaje de los ejemplares se encuentra en estado maduro, obteniéndose una talla de madurez sexual de 1000-1100 g, resultado que hay que tomar con cautela debido al bajo porcentaje de individuos maduros que existen. De igual manera en primavera, también se observa un porcentaje de individuos maduros muy bajo por lo que, la talla de madurez sexual obtenida (500-600 g) no puede ser considerada como válida. En verano, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo de 1100-1200 g. Por último, en otoño, no se ha podido establecer la talla de madurez sexual, puesto que sólo se ha encontrado un ejemplar en estado maduro.

Con los resultados obtenidos, podemos establecer como talla de madurez sexual para las hembras de *O. vulgaris*, la obtenida en verano y que corresponde a individuos de 1100 g.

C. Contenido de las espermatecas

Se ha realizado un seguimiento del estado de la glándula del oviducto y del contenido de las espermatecas con objeto de determinar el momento de la fecundación. La figura 39 muestra el porcentaje de glándulas con espermatecas llenas o vacías a lo largo del año, sin tener en cuenta ni la talla ni el estado de madurez microscópico de los ejemplares.

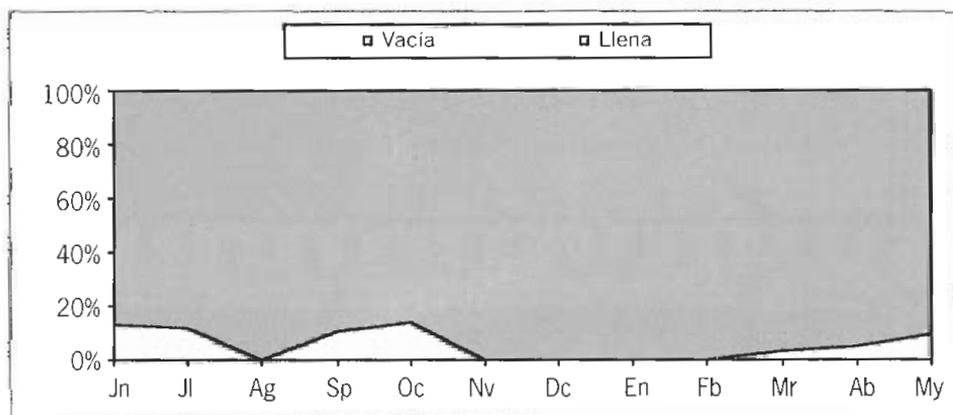


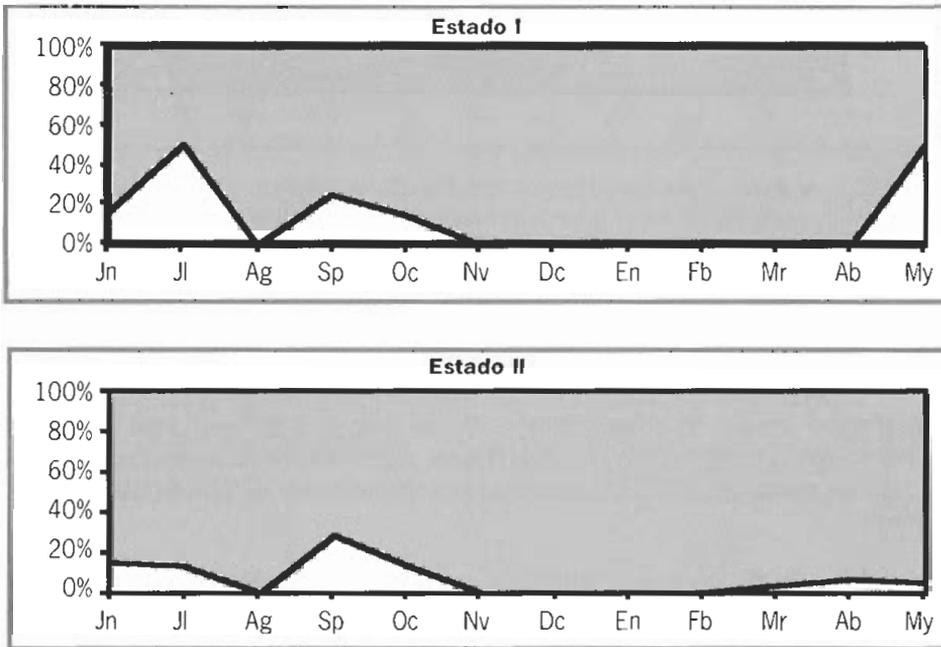
Figura 39. *O. vulgaris*. Evolución del contenido de las espermatecas.

Los resultados obtenidos muestran que, a lo largo de todo el año, el porcentaje de esperma en las espermatecas es muy alto, independientemente del estado de maduración, puesto que se han observado un alto número de hembras inmaduras que presentan esperma en la espermateca. Junio, julio, septiembre, octubre, marzo, abril y mayo son los meses en los que se observa un pequeño porcentaje de espermatecas que no contienen esperma.

Paralelamente, para recabar mayor información sobre el posible periodo de almacenamiento de esperma, se ha realizado un seguimiento similar, pero separando los ejemplares de acuerdo con el estado (Figura 40).

Los resultados obtenidos muestran que sólo se observan espermatecas vacías en los estados I y II (Figura 40). En el estado I, se observan en los meses de junio, julio, septiembre, octubre y abril, hembras con espermatecas vacías, no superando en ninguno de los casos el 50%. En el estado II, se han encontrado espermatecas vacías, aunque en ninguno de los casos el porcentaje supera el 25%. En los meses de septiembre y octubre se observa un pequeño porcentaje de hembras en maduración que no presentan esperma en la espermateca.

Respecto a las hembras que se encuentran en estado de prepuesta y puesta, se ha observado que en el 100% de los casos presentan esperma en la espermateca.



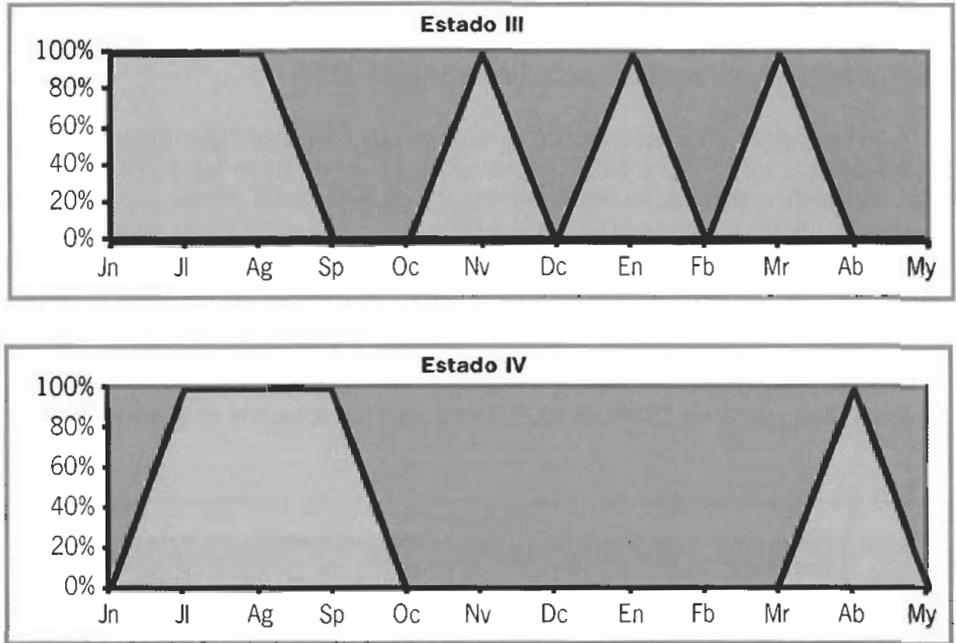


Figura 40. *O. vulgaris*. Evolución del estado de la glándula del oviducto de acuerdo con el desarrollo del ovario. Área blanca: espermatecas vacías; área azul: espermatecas llenas; área gris, los meses en los que no existen hembras en cada uno de los estados.

3.1.2 CONCLUSIÓN

O. vulgaris es una especie que exhibe dimorfismo sexual, estableciéndose el sex-ratio por medio de observaciones macroscópicas. Los resultados obtenidos muestran que la población de *O. vulgaris* de la región suratlántica presenta una proporción de sexos de 1: 1. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores.

A partir de los resultados obtenidos por medio de escalas macroscópicas de madurez y de los índices de condición y gonadosomáticos, se puede afirmar que existen diferencias entre ambos sexos. En el caso de los machos, existe una predominancia de individuos maduros a lo largo de todo el año, si bien se encuentran en mayor medida en primavera y verano. Octubre y noviembre son los meses que presentan una mayor predominancia de individuos inmaduros. Comparando estos resultados con los que nos facilitan los índices, se observa que los machos de *O. vulgaris* presentan un estado de desarrollo gonadal más avanzado en los meses de primavera, en mayor medida en verano, mientras que otoño e invierno son los meses en los que el desarrollo gonadal es menor.

Con respecto a las hembras, el patrón reproductivo que presentan es diferente al observado en los machos. Conforme aumenta la maduración, se observa un incremento de peso en el ovario, las glándulas oviductales y la glándula digestiva que acumula las reservas necesarias para poder cuidar la puesta sin necesidad de alimentarse. En los meses de julio a septiembre, predominan los ejemplares en estado III y IV, con un pico máximo en agosto de ejemplares en estado IV. A partir de octubre, el número de ejemplares maduros disminuye, incrementando en gran medida el porcentaje de ejemplares inmaduros. Este patrón de reposo sexual se observa hasta, aproximadamente el mes de marzo, en el que comienza el desarrollo de la población.

Comparando los resultados obtenidos por medio de los índices gonadosomáticos, se observa que los meses de agosto y septiembre, son aquellos en los que los índices de madurez presentan sus valores máximos, especialmente septiembre. Si bien en este mes existen ejemplares inmaduros, los aumentos de peso de los reproductores femeninos son mayores a los de cualquier otro mes. La existencia de ejemplares inmaduros puede justificarse debido a que se trata de individuos cuyo peso ronda los 700 g, es decir, no presentan una talla suficientemente grande como para estar sexualmente maduros. Este hecho corrobora la mayor eficiencia de las puestas en este mes, con una mayor liberación de huevos al medio, puesto que, en líneas generales, los pesos de los reproductores son mayores a lo obtenidos en el resto del año.

Con respecto al estudio histológico, los resultados son bastante similares a los obtenidos por el análisis macroscópico. En el caso de los machos, se observan ejemplares maduros (estados III y IV) a lo largo de todo el año, con especial importancia en mayo y septiembre. Con respecto a los resultados obtenidos por el análisis macroscópico, la diferencia más claramente observada, es que, en el caso de las observaciones microscópicas, no se han observado ejemplares inmaduros (estado I). En el caso de las hembras, existe un periodo de puesta, principalmente, en los meses de verano, entre julio y septiembre, con los mayores porcentajes en agosto y septiembre.

Resumiendo, podemos afirmar que los machos de *O. vulgaris* son más precoces que las hembras. Se han hallado machos maduros durante prácticamente todo el año, mientras que las hembras comienzan a madurar a principios de año, encontrándose en primavera y verano hembras maduras en menor y mayor proporción respectivamente.

A juzgar por el estado sexual de los individuos examinados, la época de puesta de *O. vulgaris* de la región suratlántica abarca prácticamente todo el verano.

Con objeto de establecer el momento de la fecundación, se ha realizado un seguimiento del estado de la glándula del oviducto y del contenido de las espermatecas. Los resultados obtenidos muestran que, a lo largo de todo el año, el porcentaje de esperma en las espermatecas es muy alto, con un pequeño porcentaje de hembras inmaduras que no presentan esperma en su interior. Estos resultados vie-

nen a confirmar la capacidad de las hembras de *O. vulgaris* de almacenar esperma en su interior cuando todavía no han alcanzado la madurez sexual y durante un periodo prolongado de tiempo.

Como último punto a destacar, se ha establecido la talla de madurez sexual tanto desde un punto de vista macroscópico como microscópico y, dentro de cada uno de ellos, separando por sexos y por estaciones. En el caso de los machos, de las cuatro estaciones del año, se ha establecido la talla de madurez sexual en la época del año en la cual el porcentaje de ejemplares maduros es mayor. Se ha considerado el verano para la observación macroscópica y la primavera para la microscópica. Los resultados obtenidos muestran que, para la observación macroscópica, la talla de madurez sexual es de 1000 g, mientras que en el caso microscópico se alcanza a los 800 g. La diferencia obtenida es debido a que, en las observaciones macroscópicas, ejemplares que presentan testículos de pequeño tamaño son considerados inmaduros o en maduración, mientras que microscópicamente se observa que corresponden con testículos maduros, con espermatozoides perfectamente formados y listos para la fecundación.

En el caso de las hembras, los resultados son similares en ambos casos, obteniéndose el mayor porcentaje de hembras maduras en verano y alcanzándose la talla de madurez sexual a los 1100 g.

Estos resultados prácticamente coinciden con los obtenidos por otros autores.

Con objeto de establecer un periodo de parada de la actividad pesquera de *O. vulgaris*, lo ideal sería la época en la cual se observe el mayor porcentaje de ejemplares en puesta.

Los resultados obtenidos, indican que los machos presentan una alta actividad reproductora durante prácticamente todo el año, aunque se incrementa aún más en primavera y verano.

Con respecto a las hembras, según los diferentes índices considerados y las observaciones macro y microscópicas, la época del año en la que presentan una mayor actividad reproductora se concentra en los meses de verano.

Por tanto, proponemos para establecer el cese de la actividad pesquera las siguientes opciones:

- 1) Septiembre
- 2) Alternativa: agosto

Aunque ambos casos son factibles, debido a la mayor eficiencia en las puestas de septiembre y a la salvaguarda de las puestas de meses anteriores, proponemos en primer lugar septiembre como periodo de veda.

Con relación a la talla mínima de captura, los resultados de las tallas de madurez sexual obtenidos para machos y hembras por medio de observaciones microscópicas son:

Machos: 800 g de peso total (PT).

Hembras: 1100 g de peso total (PT).

Los resultados obtenidos confirman una mayor precocidad de los machos que presentan una talla de madurez sexual más baja que las hembras, debido a lo cual, puesto que son las hembras las que determinan el momento de la puesta, parece más adecuado establecer una talla mínima de captura basándose en los datos de las hembras, que no en la de los machos.

Se propone, por tanto, como talla mínima de captura para *O. vulgaris* de la región suratlántica 1100-1200 g, con objeto de asegurarse que los ejemplares capturados estén por encima de la talla de madurez.

Como resumen, en la siguiente tabla se muestran los periodos claves de la reproducción de esta población, así como la talla mínima de captura considerada:

Opciones	Mes	Talla (g)
Principal	Septiembre	1100
1ª alternativa	Septiembre	1200
2ª alternativa	Agosto	1100

3.2 OCTOPUS VULGARIS DE LA REGIÓN SURMEDITERRÁNEA

3.2. 1 RESULTADOS

3.2.1.1 Ciclo reproductor macroscópico

El estudio del ciclo reproductor de esta especie se ha llevado a cabo considerando por separado ambos sexos. Dentro de este apartado se han incluido todos los resultados derivados de la observación macroscópica de los ejemplares. En la región surmediterránea se han analizado 696 pulpos, de los cuales 429 son hembras y 267 machos. Hay que recordar que en esta población se ha realizado un sesgo previo de los ejemplares a favor de las hembras.

A. Estados de madurez sexual.

La escala de madurez sexual propuesta por Día en 1988 considera la existencia de cuatro posibles estados en machos. Los machos empleados en este estudio

oscilan entre 398 y 4395 g. Los resultados obtenidos (Figura 41) indican que la gran mayoría de los machos se encuentran maduros en cualquier época del año. No se han hallado ejemplares inmaduros ni tampoco con signos de vaciado. Septiembre es el mes en que aparecen más machos en maduración (17%) y el periodo comprendido entre agosto y octubre el que se podría considerar de menor actividad.

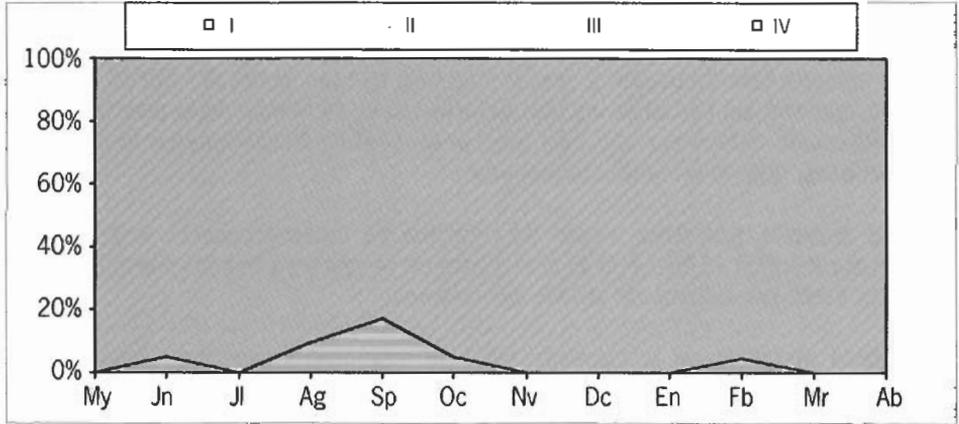


Figura 41. *O. vulgaris*. Estados de madurez sexual de acuerdo con la escala macroscópica en machos.

Cabe la posibilidad de que estos ejemplares en maduración sean de tallas menores, que no han alcanzado por tanto la talla de madurez sexual, y no se trate de un periodo de menor actividad. Con objeto de comprobar este hecho se han representado los pesos totales medios (Figura 42) y las longitudes medias (Figura 43) a lo largo del ciclo.

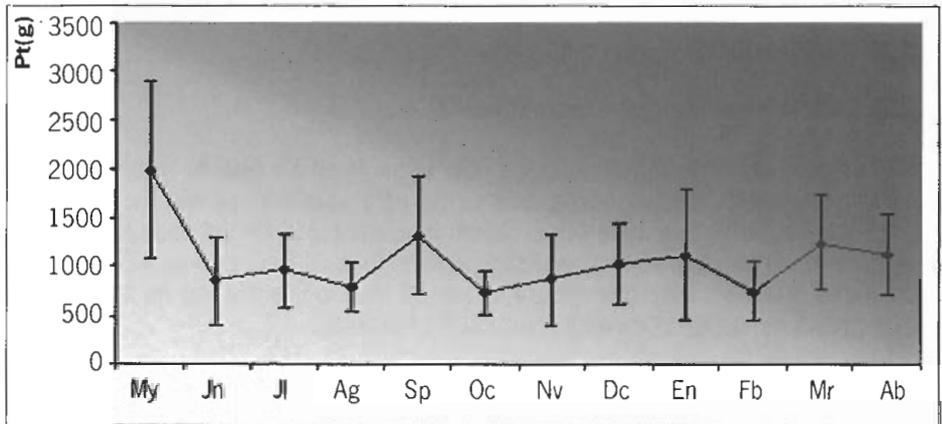


Figura 42. *O. vulgaris*. Evolución de los pesos totales medios de los machos a lo largo del ciclo.

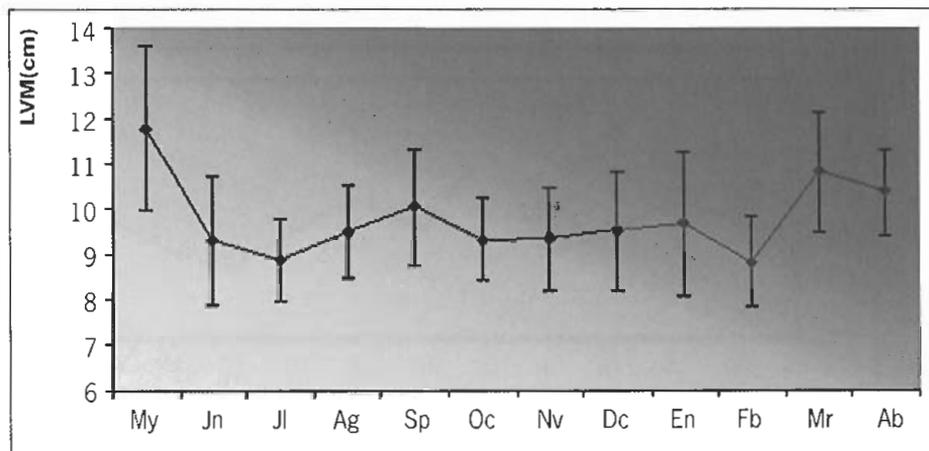


Figura 43. *O. vulgaris*. Evolución de las longitudes ventrales medias de los machos a lo largo del ciclo.

Si comparamos las tres figuras vemos que el mes en que se registra el mayor porcentaje de ejemplares en maduración no coincide con un descenso de pesos medios ni de longitudes; sin embargo, en febrero, el único ejemplar catalogado en maduración es el ejemplar más pequeño del estudio.

En relación con las hembras, se han considerado 429 ejemplares de pesos comprendidos entre 253 y 5276 g. Aunque la escala de Día establece cinco estados macroscópicos de madurez, dado que no se ha hallado ningún ejemplar encuadrado en el estado de postpuesta, los datos se han referido a los cuatro estados detectados (Figura 44) Durante todo el ciclo es posible encontrar hembras en tres de los cuatro estados considerados, siendo los ejemplares inmaduros predominantes, los cuales representan el 74 % de la muestra en octubre. El estado menos observado es el de madurez del que no existe ningún ejemplar desde octubre a diciembre.

Hay dos picos de hembras en madurez máxima, uno en mayo (71%) y otro en septiembre (47%). A partir de este último se registra un fuerte descenso del porcentaje de ejemplares en puesta hasta llegar a enero.

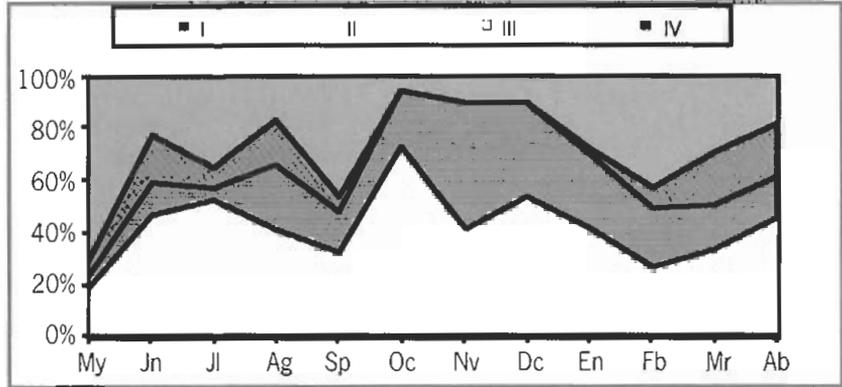


Figura 44. *O. vulgaris*. Estados de madurez sexual de las hembras de acuerdo con la escala macroscópica.

Al igual que ocurría con los machos, es posible que los estados de madurez macroscópicos estén condicionados por la composición de las muestras, lo que puede clarificarse con la información aportada por la evolución de los pesos totales medios (Figura 45) y por las longitudes ventrales medias (Figura 46).

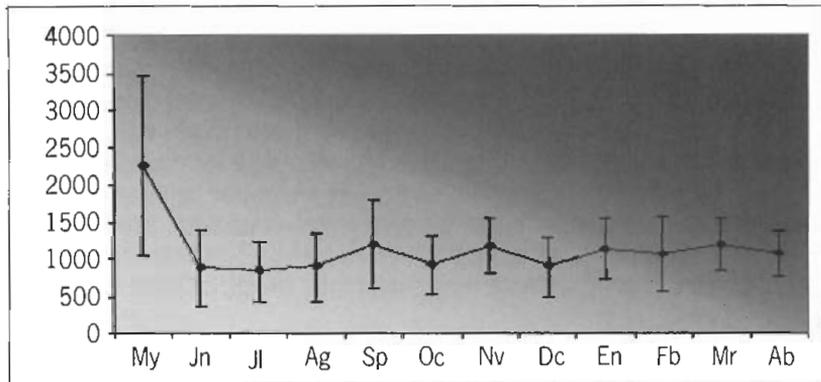


Figura 45. *Octopus vulgaris*. Evolución de los pesos totales medios de las hembras a lo largo del ciclo.

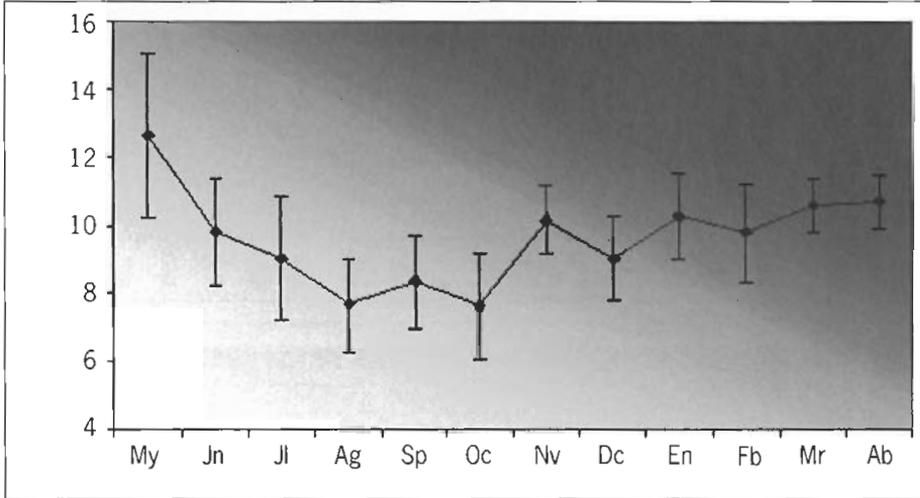


Figura 46. *O. vulgaris*. Evolución de las longitudes ventrales medias de las hembras a lo largo del ciclo.

Los pesos totales y las longitudes ventrales siguen un patrón similar, si bien, las variaciones de estas últimas son más acusadas. Si comparamos ambas variables con la evolución de los estados macroscópicos de madurez, vemos que aunque en octubre se registra el mayor porcentaje de hembras inmaduras, coincidiendo con una disminución de los pesos y las longitudes ventrales medias, hay meses como junio o julio en los que los pesos medios son inferiores, no así las longitudes ventrales; sin embargo, el porcentaje de ejemplares inmaduros es menor.

En cualquier caso, tanto en machos como en hembras, el considerar la población en conjunto, sin separar ejemplares que superen o se sitúen por debajo de la talla de madurez sexual puede conducir a interpretaciones erróneas.

B. Talla de madurez sexual.

Para el establecimiento de la talla de madurez sexual de acuerdo con la observación macroscópica se ha considerado al igual que en el caso anterior ambos sexos por separado y por estaciones. Se han establecido estas relaciones con respecto al peso total, eliminando aquellos ejemplares con signos de mutilación, y considerando maduros los estados III y IV (Figura 47).

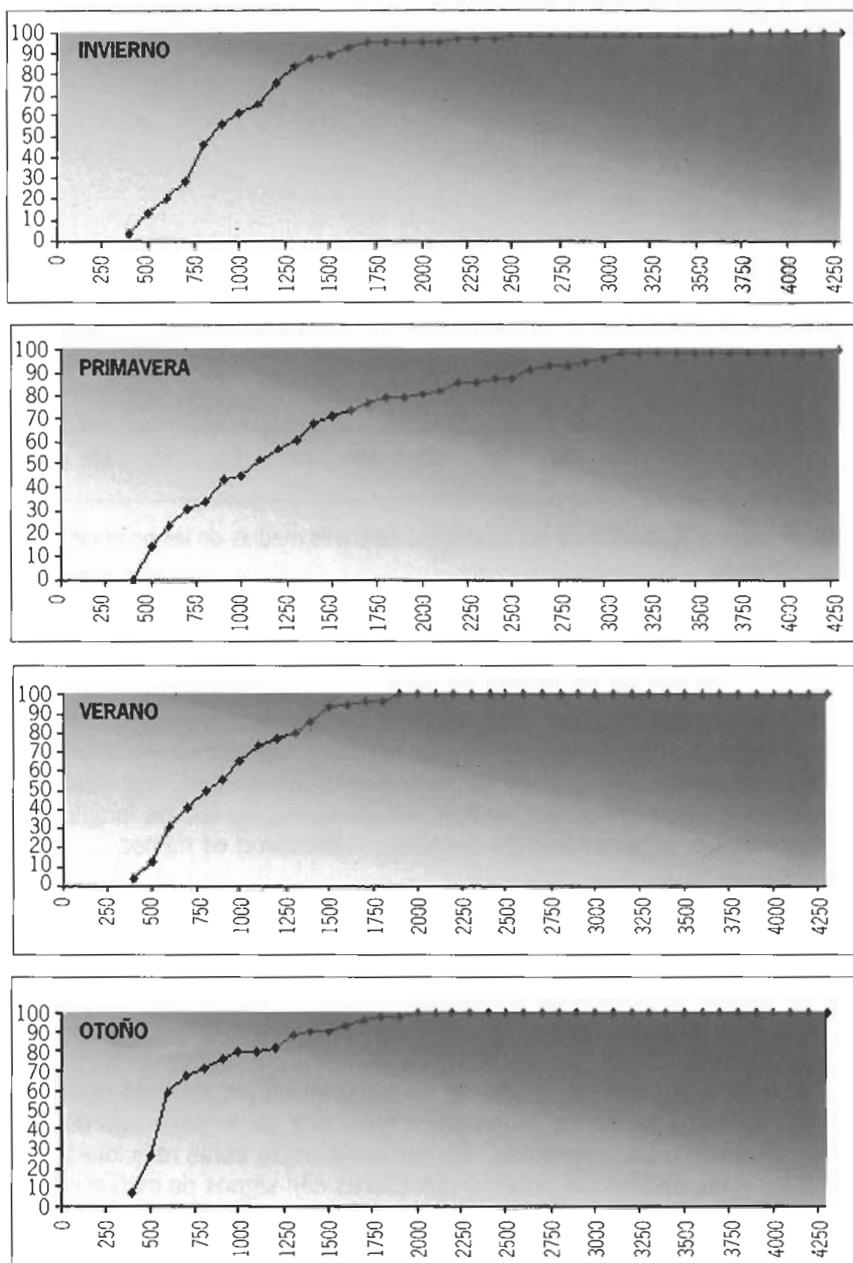
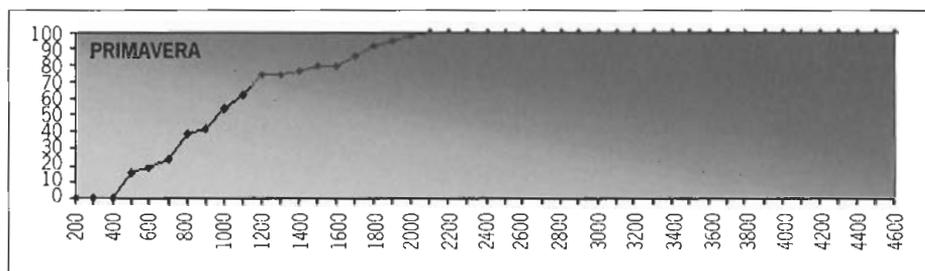
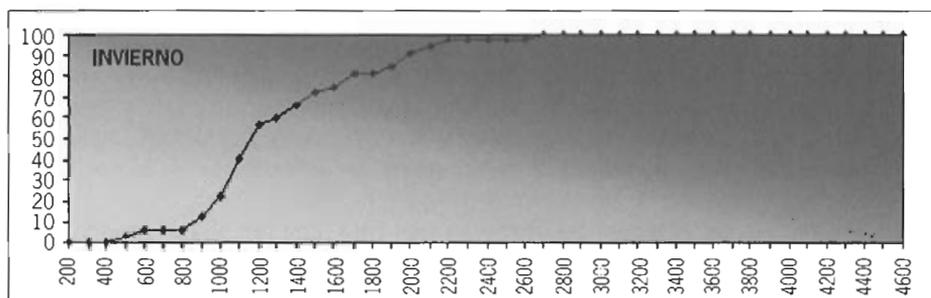


Figura 47. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en machos en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, el peso total en gramos.

De la Figura 47 se desprende que la talla de madurez sexual varía en función de la época del año que se considere. Así, en invierno esta talla queda establecida en machos de 900 g, en primavera en 1100 g, mientras que en verano los machos se encuentran maduros a partir de 800 g y en otoño de 600 g. Cabe reseñar, sin embargo, que en otoño la talla de madurez sexual se ha establecido con ejemplares de pesos pertenecientes a menos intervalos, si observamos la pendiente de las cuatro curvas.

En cuanto a las hembras, se ha seguido el mismo procedimiento. Al igual que en los machos, los resultados varían según la estación del año que se considere: 1200 g en invierno, 1300 g en verano, 1400 g en otoño y 1000 g en primavera. En este caso en otoño, se pasa del 27% de ejemplares maduros con 1300 g al 81% con 1400 g. Los datos de esta estación deben ser tomados con cautela, pues del total de ejemplares analizados en esta estación, sólo 11 cumplen los requisitos para ser tenidos en cuenta en el cálculo de la talla de madurez (Figura 47).

Como desde el punto de vista de la gestión pesquera es prácticamente inviable establecer una talla de madurez sexual por sexos y estaciones, y dado que los machos son más precoces que las hembras, se considera conveniente establecer una talla mínima de captura en función de los resultados obtenidos para las hembras. Hecha esta salvedad, de las distintas tallas obtenidas y teniendo en cuenta que en primavera y en verano se registran los porcentajes más elevados de hembras en estado de máxima madurez, desde un punto de vista macroscópico la talla de madurez quedaría establecida en 1300 g.



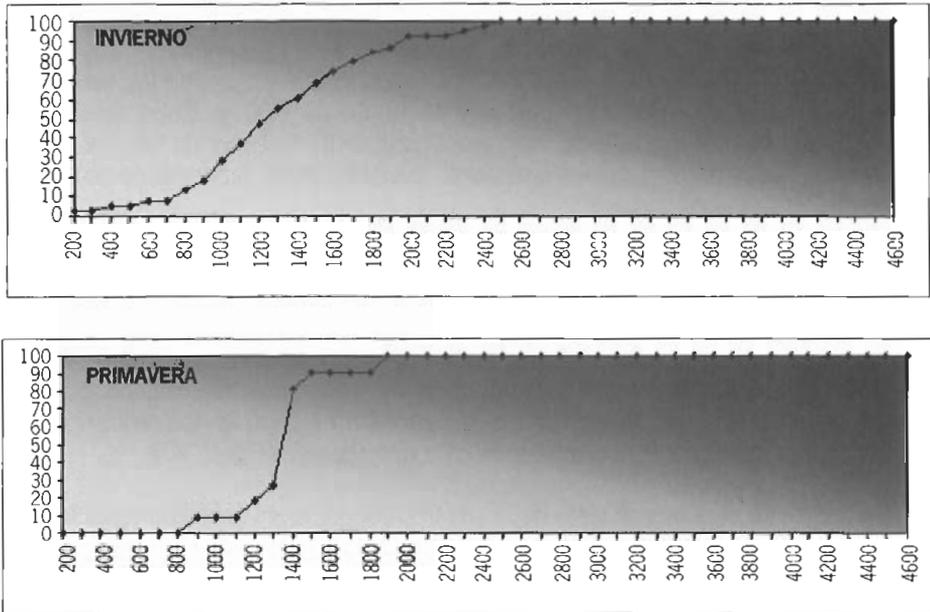


Figura 48. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en hembras en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas el peso total en gramos.

C. Índices de condición

Como se indicó en el apartado de Material y método, son tres los índices de condición empleados. En todos ellos se consideran por separado machos y hembras, aunque también existen índices de madurez generales. De todas formas, incluso en este último el cálculo se ha realizado según sexos.

En el caso de los machos, se observan tres máximos del índice de condición general (Figura 49), que por orden de magnitud acontecen a principios de verano, a principios de otoño y a mediados de invierno. El descenso más intenso se registra entre julio y agosto y la recuperación más continuada entre octubre y enero. Este índice en realidad no proporciona información sobre el estado reproductor de los ejemplares, ya que en su formulación se considera el peso eviscerado de los mismos y no interviene ningún parámetro del aparato reproductor.

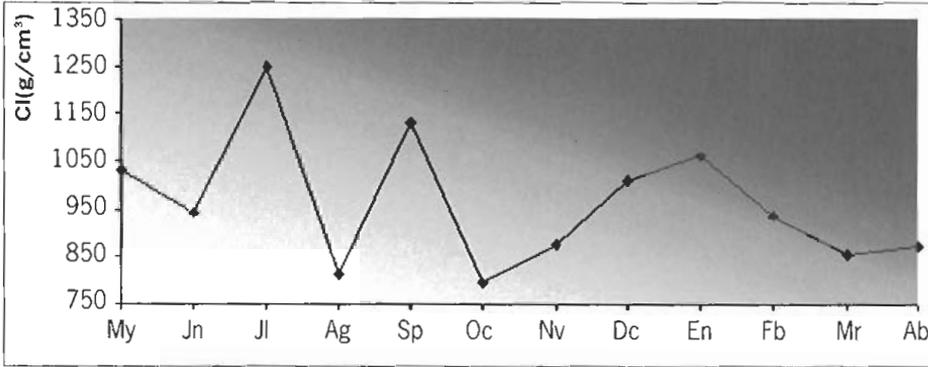


Figura 49. *O. vulgaris*. Índice de condición general en machos

Si atendemos al índice de madurez propuesto por Guerra (1975) para machos (Figura 50) se observan igualmente tres máximos, los dos primeros de intensidad similar, que por orden de magnitud acontecen en septiembre, mayo y marzo. Igualmente, de la observación de este índice se desprende que el periodo de menor actividad de los machos de esta población tiene lugar de octubre a febrero, comenzando en marzo el periodo de crecimiento irregular de este índice. Destaca también el fuerte descenso que se registra en octubre.

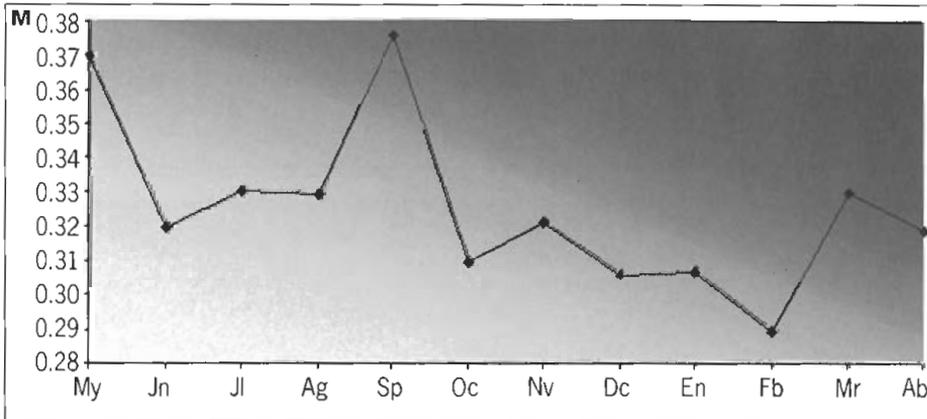


Figura 50. *O. vulgaris*. Índice de madurez en machos.

Atendiendo al tercero de los índices calculados (Figura 51), el índice del complejo espermatofórico nos indica que a partir de octubre el peso del testículo más el complejo espermatofórico registra un aumento paulatino, hasta julio, con excepción de la bajada de junio, siendo éste por tanto el periodo de mayor madurez sexual. Durante el resto del verano y principios de otoño, el descenso es continuado.

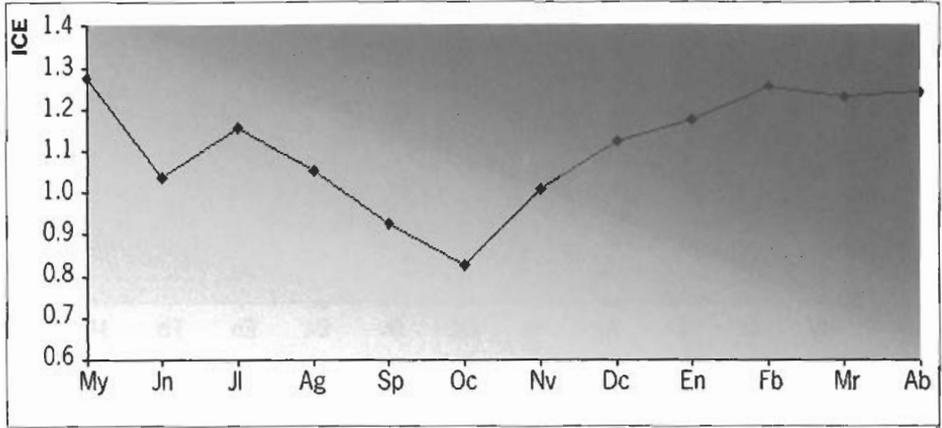


Figura 51. *O. vulgaris*. Evolución del índice del complejo espermatofórico a lo largo del ciclo.

En el caso de las hembras, debido a la presencia de ejemplares inmaduros y en maduración durante todo el ciclo, se han calculado los índices considerando dos grupos, el de aquellas que superan la talla de madurez sexual propuesta (1300 g) y aquellas que no la alcanzan.

El índice de condición general (CI) sigue un modelo coincidente en ambos grupos de hembras, con valores muy similares. Los valores máximos se alcanzan en verano, con un pico en septiembre, permaneciendo más o menos estable el resto del ciclo (Figura 52).

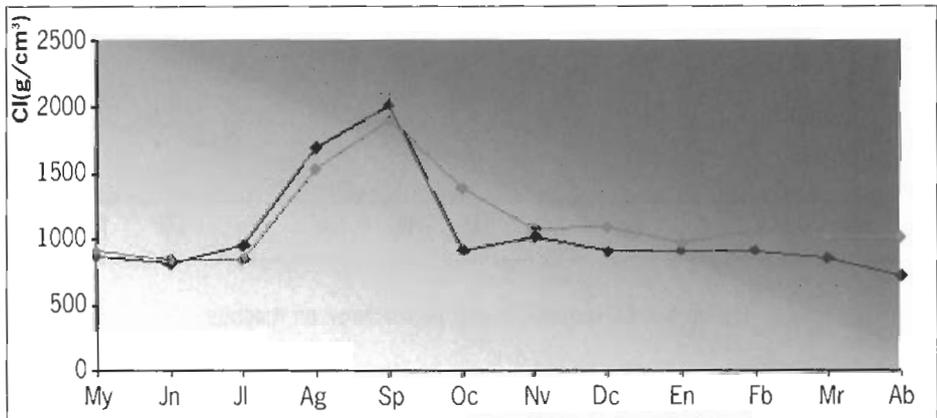


Figura 52. *O. vulgaris*. Evolución del índice de condición general en hembras. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

El índice de madurez propuesto por Guerra, rinde resultados distintos dependiendo del grupo de hembras que se considere (Figura 53). A medida que avanza la maduración de la hembra, ambos, el ovario y la glándula del oviducto aumentan de tamaño y de peso, si bien, el incremento de peso del ovario es muy superior al de la glándula. Esto tiene como consecuencia, que dada la formulación del índice mencionado, los aumentos de madurez se reflejan en disminuciones del índice.

Así, en el grupo de hembras inmaduras, M varía entre 0,152 en abril y 0,233 en noviembre. Este índice muestra ligeras oscilaciones, con dos pequeños máximos, uno en noviembre, y otro en septiembre.

Las hembras maduras siguen un patrón bastante diferente, con variaciones acusadas (0,049 en agosto y 0,212 en diciembre). El periodo de menor madurez se registra en otoño; a partir de diciembre, aún permaneciendo M en valores elevados, decrece de forma continuada hasta mayo. Al inicio del verano se registra una recuperación de su valor, el cual va decreciendo a lo largo de esta estación. Con la llegada del otoño el índice crece considerablemente. Por tanto, de acuerdo con este índice, la época de mayor maduración gonadal es el verano, si bien, ésta se inicia de forma clara a finales de invierno.

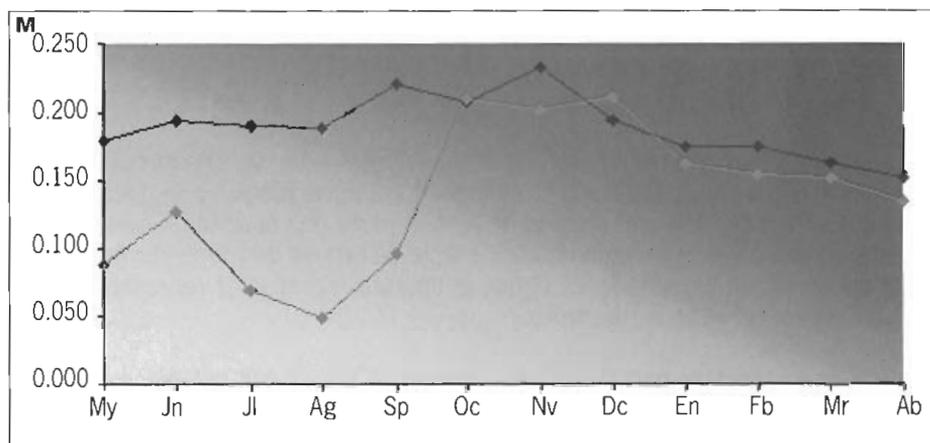


Figura 53. *O. vulgaris*. Evolución del índice de maduración. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

El índice ovario- oviducto (IOO), tiene en cuenta el aparato reproductor femenino en conjunto, tomando como referencia el peso eviscerado el ejemplar. Los aumentos del mismo son consecuencia de la maduración gonadal, siempre y cuando no se produzca una variación del peso medio de una muestra a otra. El comportamiento de este índice es dispar según el grupo de hembras que consideremos. En las hembras de peso inferior (Figura 54), se observan un aumento paulatino del índice desde

diciembre a agosto, mes en el que se produce el máximo absoluto. En septiembre y octubre el índice se sitúa en los valores más bajos del ciclo hasta registrar un aumento en noviembre.

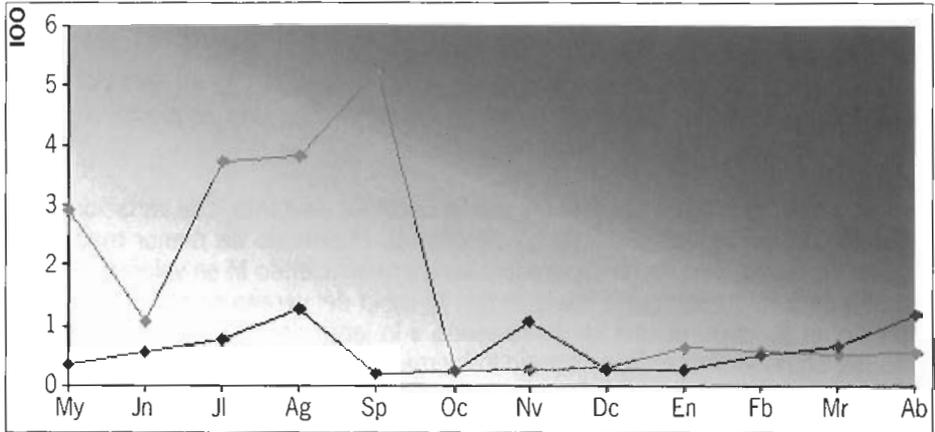


Figura 54. *O. vulgaris*. Evolución del índice ovario -oviducto. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

Las hembras maduras se caracterizan por presentar un comportamiento del índice con oscilaciones bruscas. El periodo de máxima madurez se localiza entre mayo y septiembre, con la excepción de junio. A partir de septiembre, mes en el que se registra el valor más elevado del índice, éste disminuye de forma abrupta, entrando la población en un periodo en el que el aparato reproductor representa un porcentaje menor del peso del ejemplar.

El índice gonadosomático, GSI, es también un índice que establece relaciones entre la gónada y el peso del ejemplar, si bien difiere del anterior en que la mayor madurez viene indicada por el aumento de peso del ovario. La evolución de este índice (Figura 55), indica que el periodo de mayor desarrollo del ovario en las hembras maduras acontece en septiembre, con un fuerte incremento desde agosto. En mayo se registra un pequeño máximo parcial de intensidad menos considerable. Con el inicio del verano, el índice decrece hasta valores similares a los hallados en el grupo de hembras inmaduras. Éstas últimas presentan dos pequeños máximos de los cuales el más importante tiene lugar en julio, y el otro en noviembre.

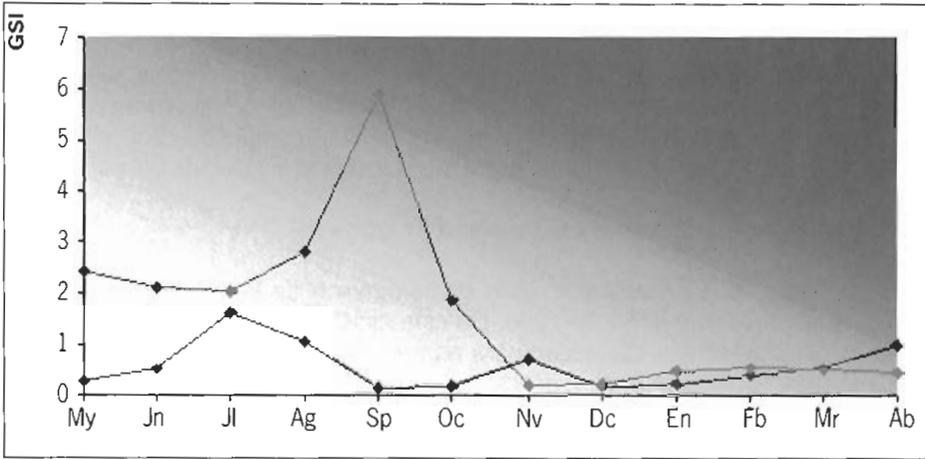


Figura 55. *O. vulgaris*: Evolución del índice gonadosomático en hembras. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

Otro de los índices empleados es el que analiza las variaciones del diámetro de la glándula del oviducto. En ambos grupos (Figura 56) el valor máximo se registra en agosto, si bien en las hembras inmaduras experimenta un fuerte descenso que se retrasa hasta octubre en las hembras maduras. Durante el otoño, el invierno y parte de la primavera, el índice se mantiene en valores bajos, con un descenso neto entre marzo y abril en las hembras maduras, que es, sin embargo un aumento en las inmaduras. De acuerdo con estos datos, mayo, agosto y septiembre son los meses de mayor madurez de las hembras que superan la talla de madurez sexual.

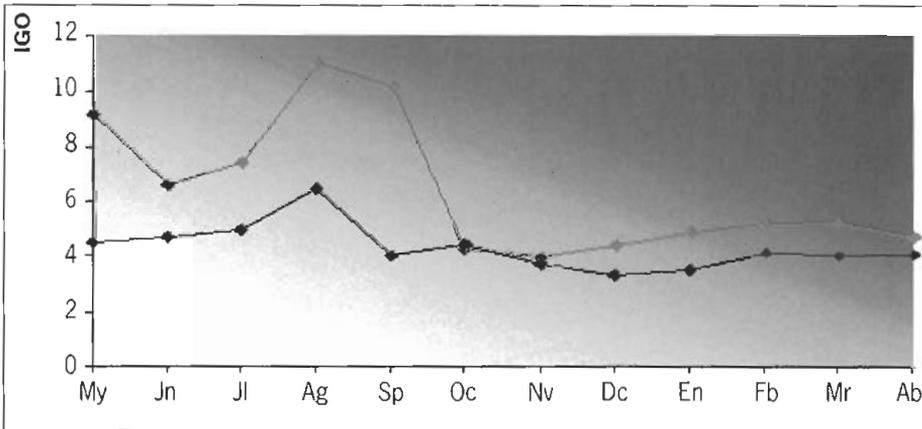


Figura 56. *O. vulgaris*. Evolución del índice de la glándula del oviducto. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

3.2.1.2 Ciclo gametogénico

Para el estudio del ciclo gametogénico se han utilizado los mismos ejemplares que en el estudio macroscópico. En el caso de los machos se ha procesado sistemáticamente un porción de testículo y ocasionalmente complejo espermatofórico. En las hembras se han analizado de forma regular ovario y glándula del oviducto.

A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal.

En la figura 57 se muestra el ciclo gametogénico de la población de pulpos machos analizados a lo largo del ciclo. De este ciclo se desprende que la mayoría de los machos presentan capacidad para reproducirse durante todo el año, siendo el estado más abundante el de machos maduros, que son los componentes exclusivos de las muestras de marzo y abril. Ocasionalmente aparecen machos en maduración, hallándose el mayor porcentaje de este estado en junio. Es posible encontrar machos con signos de puesta en nueve de los doce meses estudiados, alcanzándose los valores máximos de este estado a principios de otoño.

Desde mediados de invierno a principios de primavera no se han hallado machos con signos de vaciado. Es de destacar también, la ausencia de ejemplares inmaduros y la escasa representación de los individuos en maduración, que aparecen ocasionalmente en distintas épocas del año, alcanzando el 20% de la muestra de junio. Comprobado el peso de estos ejemplares, así como la longitud ventral del manto de los mismos, no se trata en ningún caso de los ejemplares de menor tamaño.

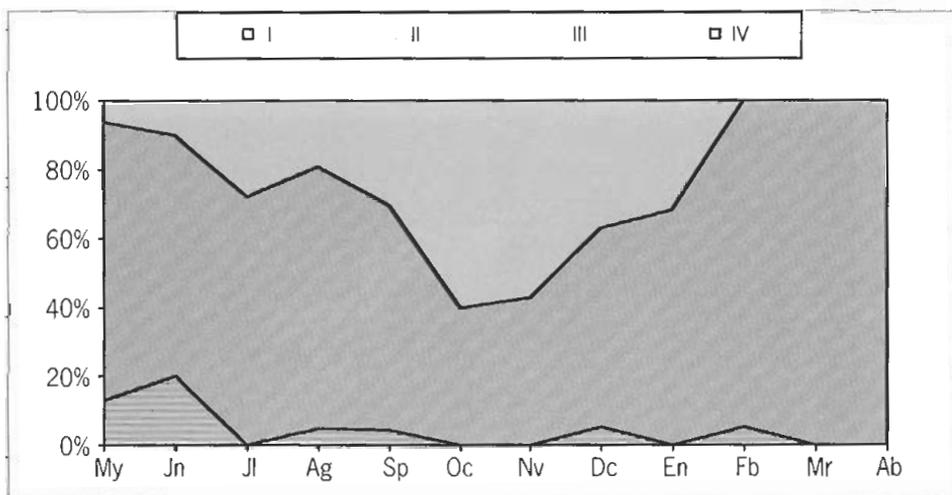


Figura 57. *O. vulgaris*. Estados de desarrollo gonadal en machos a lo largo del ciclo.

El patrón mostrado por las hembras difiere bastante del de los machos, exhibiendo una mayor asincronía, ya que es posible encontrar los cuatro estados en seis de los doce meses analizados (Figura 58). El primer hecho que destaca es el elevado porcentaje de hembras inmaduras, cuya representación oscila entre el 3% de la muestra de abril y el 91 y 90% de octubre y noviembre.

En diciembre aumenta el porcentaje de hembras en maduración, que alcanza su valor máximo en enero. Las hembras en este estado son las más abundantes en la población durante el invierno y gran parte de la primavera. Los estados III (prepuesta) y IV (puesta) son los menos hallados, sobre todo el primero, que alcanza su mayor presencia en primavera. En cuanto a las hembras en puesta, se observan dos máximos, uno primaveral, en mayo y otro, más elevado a finales de verano, en septiembre. Este último va precedido de un porcentaje de hembras en puesta similar al hallado en primavera. Además, tras el pico de puesta, el estado más abundante en la población en otoño es el de inmaduras.

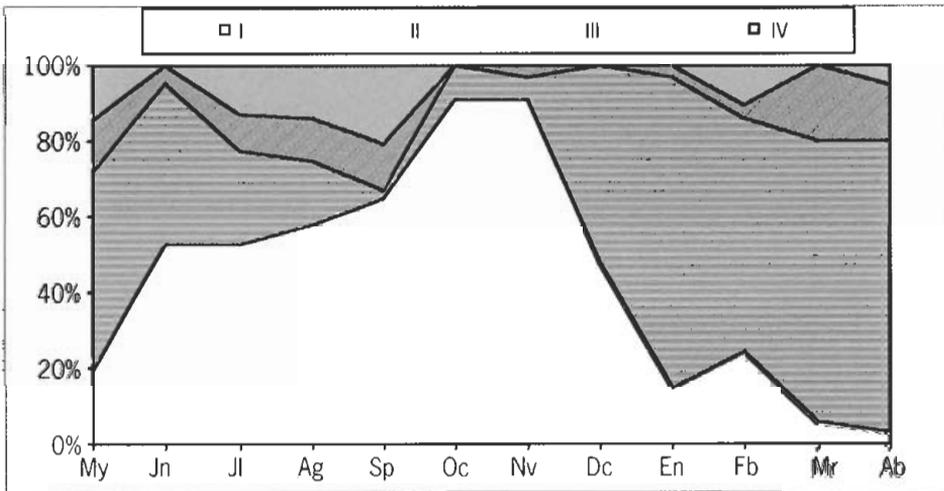


Figura 58. *O. vulgaris*. Estados de desarrollo gonadal en hembras.

B. Talla de madurez sexual.

Al igual que ocurrió con los datos macroscópicos, la talla de madurez sexual de acuerdo con el estado de desarrollo gonadal se ha establecido considerando ambos sexos por separado y agrupando los datos en estaciones.

De acuerdo con la Figura 59, la talla de madurez sexual en machos varía dependiendo de la estación del año: 800 g en invierno, 1100 g en primavera, 800 g en verano y 600 g en otoño.

En las hembras (Figura 60), esta talla oscila entre los 800 g de otoño y los 1400 g de verano; en invierno esta talla se establece en 1000 g y en primavera en 1100 g. El número de ejemplares que cumplen los requisitos para ser empleados en el establecimiento de esta talla está comprendido entre 22 ejemplares en verano y tan sólo 1 en otoño, datos que corroboran que el verano es el periodo de mayor actividad de esta población.

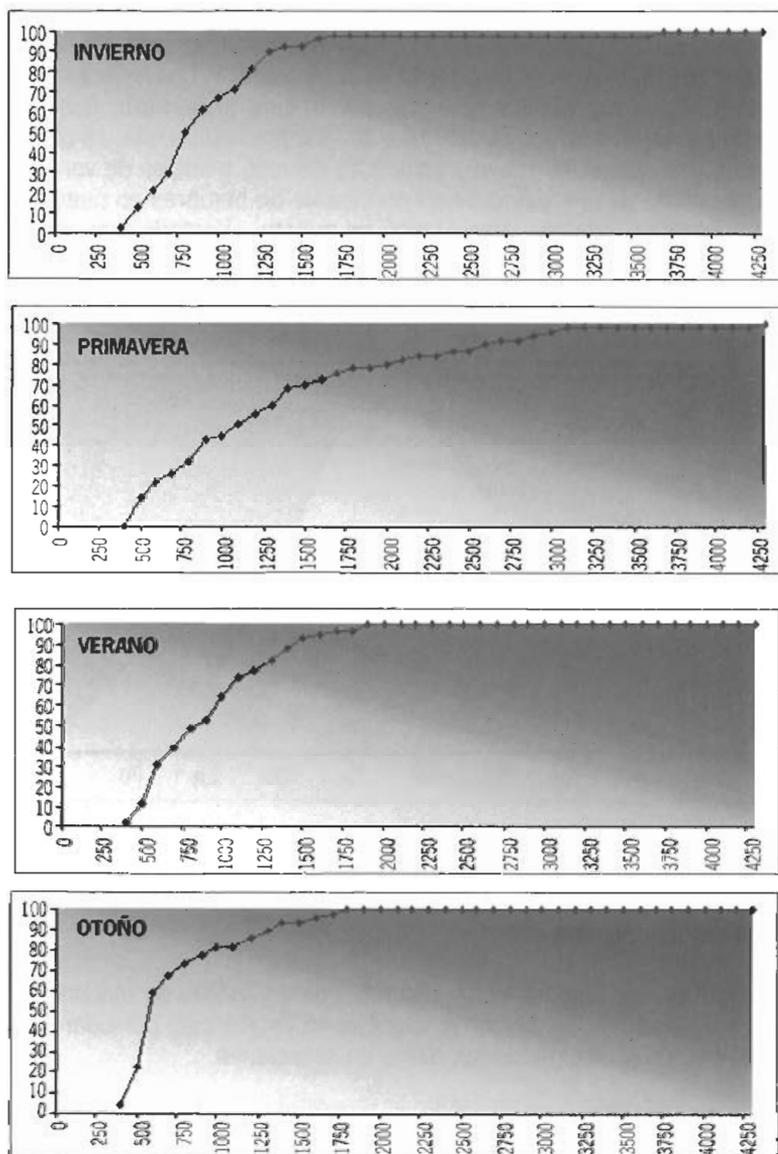


Figura 59. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en machos de acuerdo con el estado de desarrollo gonadal, en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, el peso total en gramos.

Por tanto, desde un punto de vista de gestión pesquera, la talla mínima de captura debería hacerse coincidir con la talla de madurez sexual del periodo estival, es decir, 1400g.

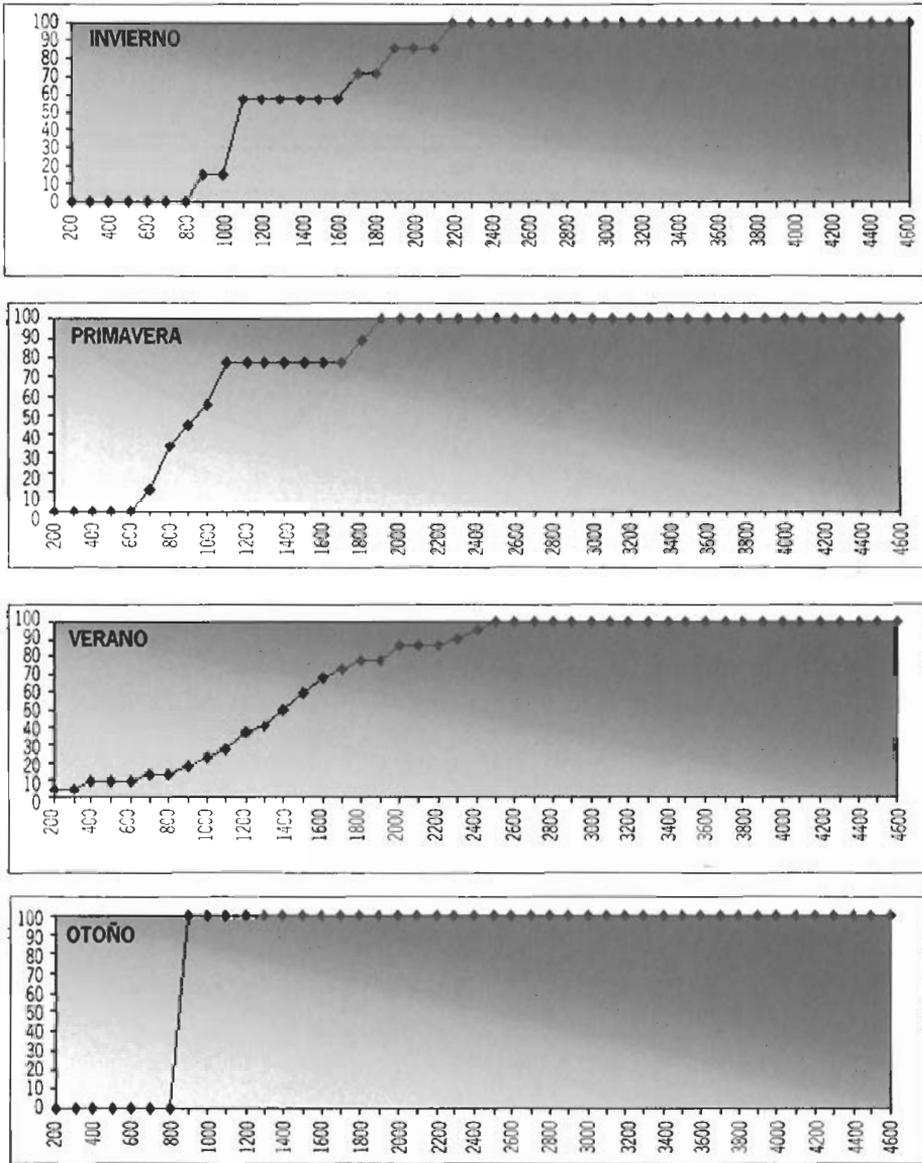


Figura 60. *O. vulgaris*. Talla de madurez sexual en hembras de acuerdo con el estado de desarrollo gonadal, en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, el peso total en gramos.

C. Contenido de las espermatecas

Del análisis del estado de las espermatecas a lo largo del ciclo (Figura 61), se desprende que durante todo el año se encuentra un gran porcentaje de ejemplares con los receptáculos vacíos. En mayo, enero y septiembre, la mayoría de las hembras presentan la glándula del oviducto con esperma, destacando la existencia de ejemplares con signos de fecundación en septiembre.

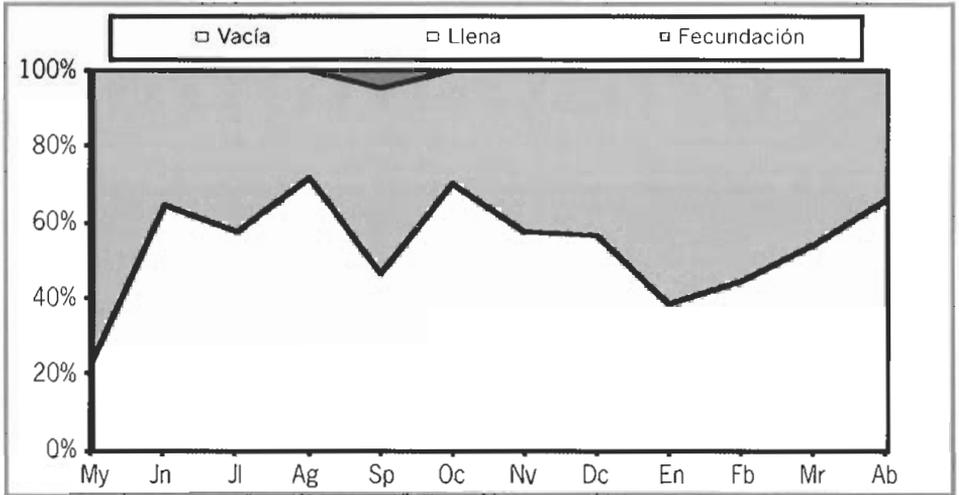


Figura 61. *O. vulgaris*. Evolución del contenido de las espermatecas.

Resultados y Conclusión

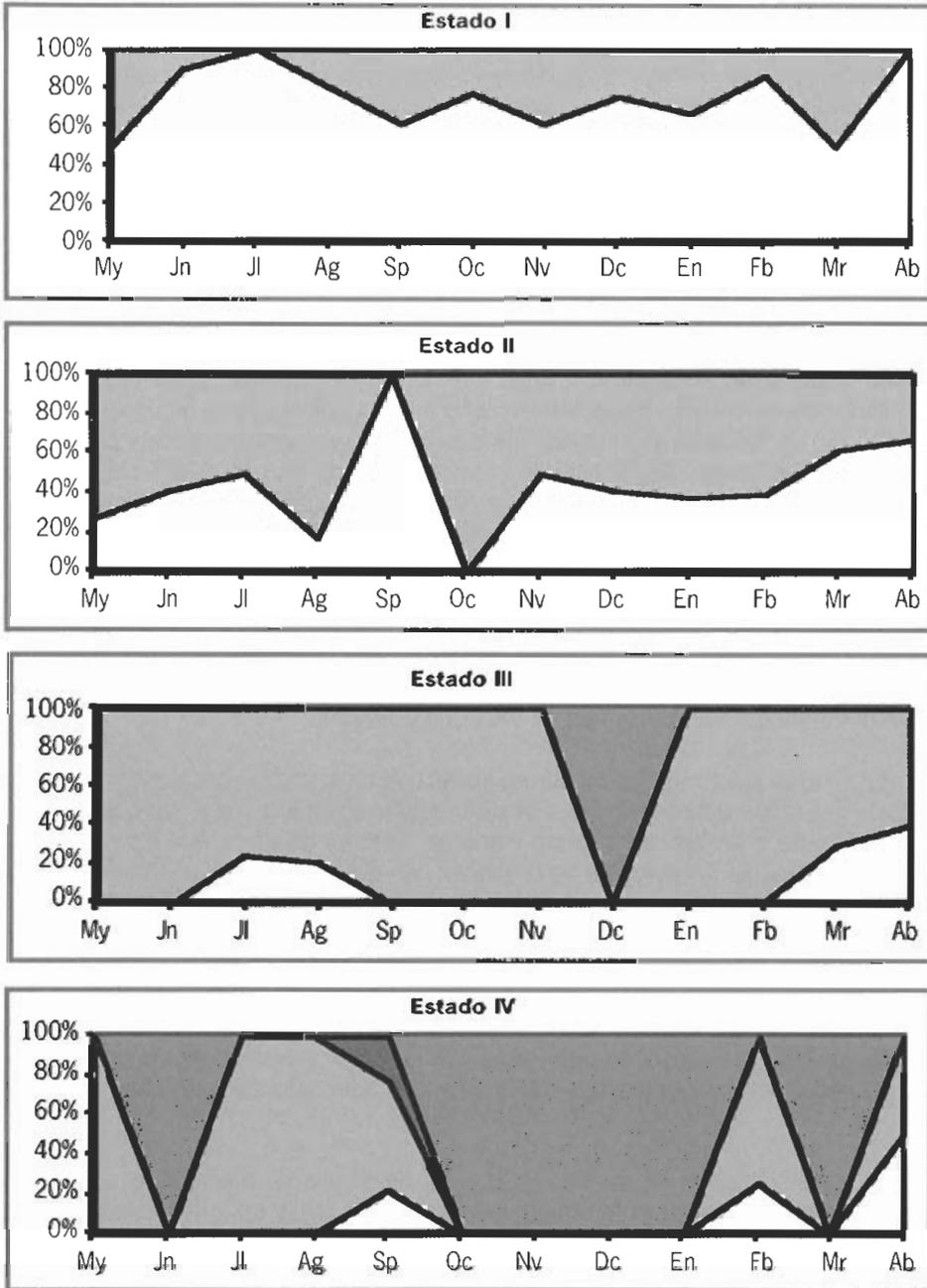


Figura 62. *O. vulgaris*. Evolución del estado de la glándula del oviducto de acuerdo con el desarrollo del ovario. Área blanca: espermatecas vacías; Área azul: espermatecas llenas; Área granate: fecundación. En gris, los meses en los que no existen hembras en cada uno de los estados.

Las gráficas anteriores indican que el apareamiento se puede producir independientemente del estado de desarrollo del ovario, si bien, a medida que éste está más avanzado aumenta el porcentaje de ejemplares con el receptáculo seminal lleno. Como cabía esperar teniendo en cuenta la puesta única que presenta esta especie, sólo se ha observado fecundación en hembras IV. No existe ningún mes en que todas las hembras aparezcan con el receptáculo vacío, lo que puede explicarse por la precocidad sexual de los machos y por no ser la cópula y la puesta dos fenómenos inmediatos.

3.2.2 CONCLUSIÓN

En primer lugar, teniendo en cuenta que la talla de madurez sexual se establece en función de las escalas tanto macro como microscópicas, llama la atención la disparidad de los resultados obtenidos para ambos sexos según la escala empleada. Así, en machos lo más destacable es que gran parte de los ejemplares catalogados macroscópicamente como maduros, de acuerdo con la observación microscópica se encuadran en la categoría de puesta. Esto guarda relación con la precocidad en la madurez sexual de estos ejemplares, capaces de copular repetidas veces a lo largo de su periodo vital, con lo que a no ser que se capturen ejemplares inmediatamente después de la cópula o bien en la fase final de su vida, siempre se encontrarán espermatozoides en la bolsa de Needham, aún cuando el testículo, debido al proceso continuo de formación de espermatozoides y de transferencia al complejo espermatofórico, muestre signos de vaciados parciales.

Algo similar ocurre en las hembras, en las que de acuerdo con la escala macroscópica, todos los estados, menos el de hembras inmaduras son sobrevalorados, principalmente el estado de máxima madurez. Esto es debido a que las características de la glándula del oviducto no coinciden con el estado de desarrollo de los óvulos en el ovario del mismo ejemplar. Así, las secreciones de esta glándula provocan la aparición de las coronas de dientes a las que se hace referencia en la descripción macroscópica, con lo que surge discordancia entre ambas escalas.

Como consecuencia, las tallas de madurez sexual según se tome una u otra escala de referencia, resultan distintas. Dada la mayor exactitud de las observaciones microscópicas, se considera que la talla más adecuada es la obtenida por este método.

De la comparación de ambas escalas de desarrollo en machos se desprende que los machos comienzan la maduración gonadal a tallas tempranas, pues no se han encontrado individuos inmaduros en ningún momento. De acuerdo con la escala microscópica, el periodo de mayor actividad se sitúa entre mayo y enero, con un máximo de ejemplares con signos de vaciado en octubre. Los datos apuntan a que el otoño es la época más propicia para los acoplamientos, mientras que en febrero, marzo y abril no se registran cópulas.

Las hembras, a diferencia de lo que ocurre con los machos, aparecen en estado inactivo, en elevados porcentajes durante todo el año. Esto guarda relación con la puesta única que presentan estos ejemplares, con lo que permanecen en estado inmaduro durante gran parte de su vida. Posteriormente empiezan la maduración del ovario, que también le supone una parte importante de su periodo vital, mientras que los estados de prepuesta y puesta, son los de menor duración. Esta estrategia se traduce en que las hembras alcanzan la talla de madurez sexual con pesos mayores que los machos.

De acuerdo con la escala microscópica, y si no consideramos las hembras inmaduras, ambos, machos y hembras se encuentran mayoritariamente en los estados menos maduros de su ciclo, desde febrero a abril.

Si atendemos a los índices macroscópicos en machos, se observa una pequeña disparidad según el índice empleado, si bien, comparándolo con la escala microscópica, el mayor porcentaje de ejemplares con signos de puesta coincide con bajadas de los índices en octubre.

Comparando los distintos índices de condición en hembras con la escala macroscópica, el índice que mejor refleja los cambios microscópicos es el del ovario es el índice ovario-oviducto, ya que ambos consideran que la máxima madurez durante todo el ciclo se registra entre julio y septiembre, con el mayor valor este mes, y con valores similares en julio y agosto (13 y 14% de ejemplares con signos de puesta). Este índice también refleja un valor alto en mayo, con el 14% de hembras en puesta, y un descenso en junio, que coincide con la ausencia de hembras en este estado este mes.

El índice de madurez de Guerra, si bien en líneas generales refleja estos cambios, no detecta de forma clara el elevado porcentaje de puesta de septiembre. En cuanto al índice gonadosomático y al índice de la glándula del oviducto, ambos señalan como periodo de mayor madurez el comprendido entre julio y septiembre, en el primero el máximo se registra en septiembre y en el segundo en agosto.

Si consideramos los resultados obtenidos en conjunto y los puntos de coincidencia entre ellos, mayo, julio, agosto y septiembre son los meses de mayores puestas. Por otra parte, todos los índices indican que en octubre se produce un incremento de ejemplares inmaduros en la población. Dado el tipo de reproducción de esta especie, que tras la puesta muere, sin que haya por tanto lugar a pensar que son ejemplares que regresionen su gónada, todo aparece apuntar a que en septiembre la mayor parte de las hembras se retiran a poner, de forma que los ejemplares inmaduros de octubre son consecuencia de la incorporación de recluta a la población. Además, en ningún momento conviene olvidar que septiembre es el mes en el que se ha detectado fecundación en la glándula del oviducto.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos se considera que la regulación de esta población pasa por prohibir las capturas en septiembre y establecer una talla mini-

ma de 1400 g. Independientemente de la talla que se establezca, mayo en primer lugar, y agosto en segundo, podrían ser las opciones a septiembre, si bien no serían tan efectivas. Mayo presenta la ventaja con respecto a agosto, en que para igualdad de porcentajes de hembras en puesta, son menores los ejemplares inmaduros, pero este hecho quedaría contrarrestado por la efectividad en el control de la talla de las capturas.

Por tanto, en la siguiente tabla se resumen varias alternativas a considerar en la regulación de la pesquería de esta población de pulpo:

Opciones	Mes	Talla (g)
Principal	Septiembre	1400
1ª alternativa	Septiembre	1100
2ª alternativa	Mayo	1400
3ª alternativa	Agosto	1400

3.3 *SEPIA OFFICINALIS* DE LA REGIÓN SURATLÁNTICA

3.3.1 RESULTADOS

3.3.1.1 Determinación de la proporción de sexos

En la población de *Sepia officinalis* de la región suratlántica no se ha producido sesgo en el sexo de los ejemplares, haciendo posible un estudio de la proporción de sexos o sex-ratio a lo largo del ciclo anual. Debido al dimorfismo sexual que presenta, no ha hecho falta basarse en el análisis microscópico para establecer el sex-ratio, utilizándose exclusivamente los datos macroscópicos. En la tabla 4 se indica el número total de individuos cuyo sexo ha sido determinado.

Se han analizado un total de 648 ejemplares (Figura 62), de los cuales 350 corresponden a hembras (54,01%) y 298 a machos (45,99%). De acuerdo con estos resultados, se puede considerar una proporción de sexos de 1:1 ($p < 0,001$).

Tabla 4. *Sepia officinalis*. Distribución de los ejemplares de acuerdo con su sexo, a lo largo del periodo de estudio. H: hembras; M: machos.

Fechas de muestreos	<i>Sepia officinalis</i>				
	H	%	M	%	N
My 2001	54	76,06	17	23,94	71
Jn	5	23,81	16	76,19	21
Jl	15	25,86	43	74,14	58
Ag	21	63,64	12	36,36	33
Sp	30	81,08	7	18,92	37
Oc	49	58,33	35	41,67	84
Nv	28	45,90	33	54,10	61
Dc	29	50,88	28	49,12	57
En 2002	34	57,63	25	42,37	59
Fb	28	47,46	31	52,54	59
Mr	29	46,03	34	53,97	63
Ab	28	62,22	17	37,78	45
Total	350	54,01	298	45,99	648

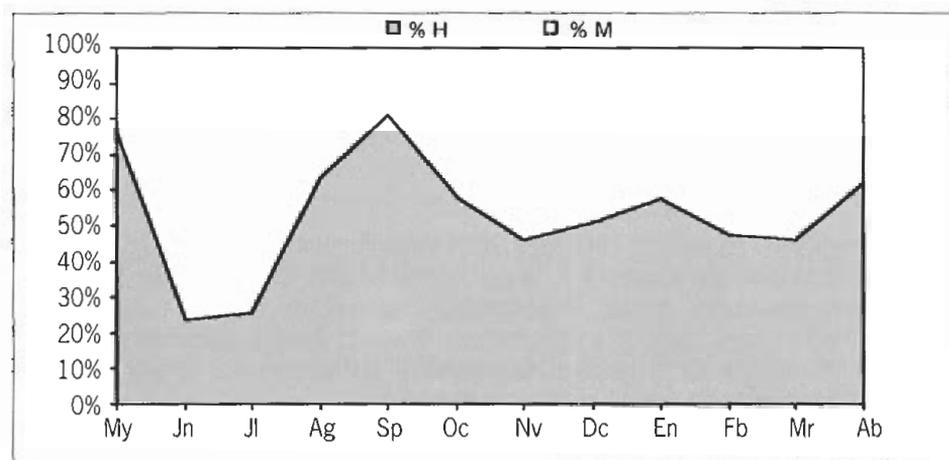


Figura 62. *S. officinalis*. Evolución del sex-ratio a lo largo del periodo de estudio. H: hembras; M: machos.

3.3.1.2 Ciclo reproductor macroscópico

Se han estudiado un total de 648 ejemplares, de los cuales 298 corresponden a machos y 350 a hembras. Como ya se ha indicado en el apartado anterior, no se ha realizado ningún sesgo por sexos.

A. Estados de madurez sexual

En el caso de los machos, se han analizado un total de 298 ejemplares cuyas longitudes dorsales oscilan entre 7,35 y 38,3 cm. La figura 63 muestra la evolución de los estados macroscópicos de madurez de los machos a lo largo del ciclo anual.

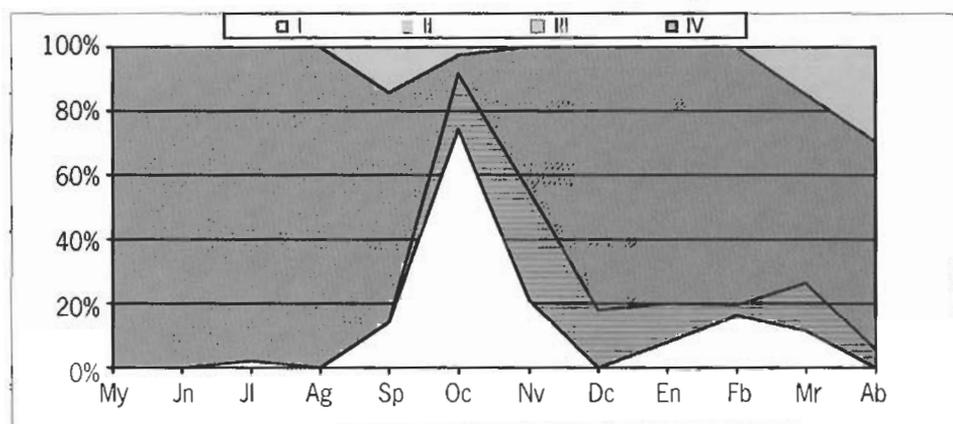


Figura 63. Machos de *S. officinalis*. Estados de madurez sexual de acuerdo con la escala macroscópica.

Analizando los resultados obtenidos, podemos observar la gran cantidad de individuos en estado III que existen a lo largo de todo el año. Cabe reseñar que en los meses de mayo, junio y agosto, el porcentaje de individuos en este estado es del 100%, en julio del 97,67% y en diciembre, enero y febrero alrededor del 80%. Exceptuando el mes de diciembre, se observan ejemplares en estado inmaduro desde septiembre hasta marzo, ambos inclusive.

Las variaciones observadas en los estados de maduración, pueden estar relacionadas con el tamaño de los individuos estudiados, por tanto, la figura 64, muestra la variación de los valores medios de las longitudes dorsales del manto.

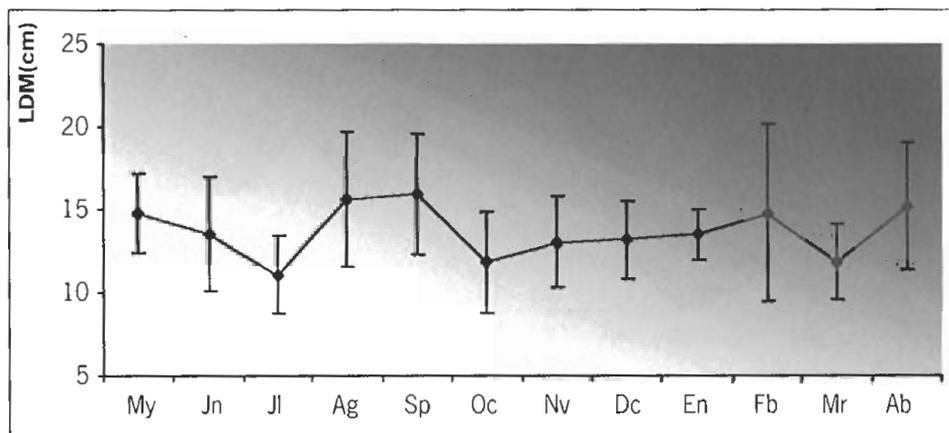


Figura 64. *S. officinalis*. Evolución de las longitudes dorsales medias de los machos a lo largo del ciclo. Las barras indican los valores de desviación típica.

Con respecto a la relación entre las longitudes medias (Figura 64) y el estado macroscópico (Figura 63), se observa que en los meses de mayo a julio existe un descenso de longitud que no se correlaciona con los estados de madurez, puesto que casi todos los individuos se encuentran maduros. Posteriormente, existe un aumento de las longitudes en agosto y septiembre, meses en los cuales, en el primero el 100% de la población está madura y en el segundo, a pesar de presentar una longitud media bastante similar a la obtenida en agosto, se observan individuos en estados I, III y IV, dando idea de una mayor asincronía de la población en septiembre. En el mes de octubre se observa un importante incremento de los individuos en estado inmaduro, relacionado con un descenso en los valores de longitud media de la población, este descenso se mantiene más o menos constante hasta enero. A continuación, se observa un ligero incremento en febrero, descenso en marzo y posterior aumento en abril, relacionado con el incremento de individuos en estado III y IV.

En relación con las hembras, se han analizado un total de 350 ejemplares cuyas longitudes dorsales oscilan entre 4,3 y 29 cm. La figura 65 muestra las variaciones de los estados macroscópicos de madurez sexual.

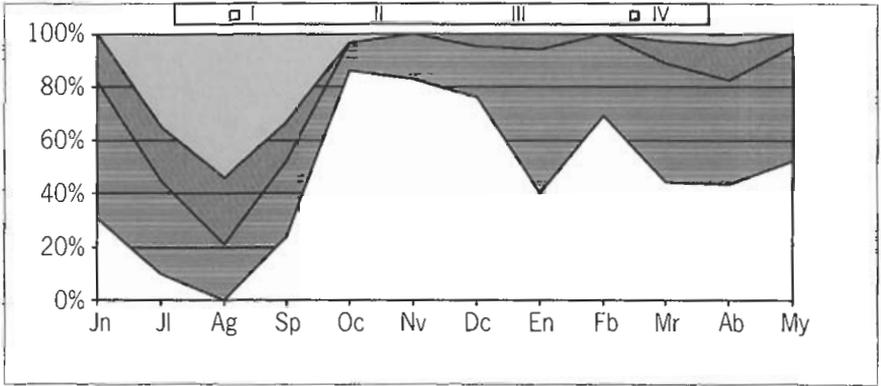


Figura 65. Hembras de *S. officinalis*. Estados de madurez sexual de acuerdo con la escala macroscópica.

Los resultados obtenidos muestran que las hembras de *S. officinalis* presentan un amplio periodo de puesta desde marzo hasta septiembre, con dos picos máximos en junio y julio, meses en los cuales, el 100% de la población se encuentra en estado IV (puesta). En octubre y noviembre se observa un corto periodo de reposo, con un 75% de individuos inmaduros. A partir de diciembre comienzan a aumentar los individuos en estado II y III, para continuar aumentando hasta marzo, mes en el que comienza la puesta (Figura 65).

Al igual que sucede en el caso de los machos, esta variación en los estados de maduración puede estar relacionada con el tamaño de los individuos estudiados. La figura 66 muestra la variación de las longitudes dorsales del manto a lo largo del ciclo anual. Se han tomado los valores medios de las longitudes dorsales del manto de cada una de las muestras.

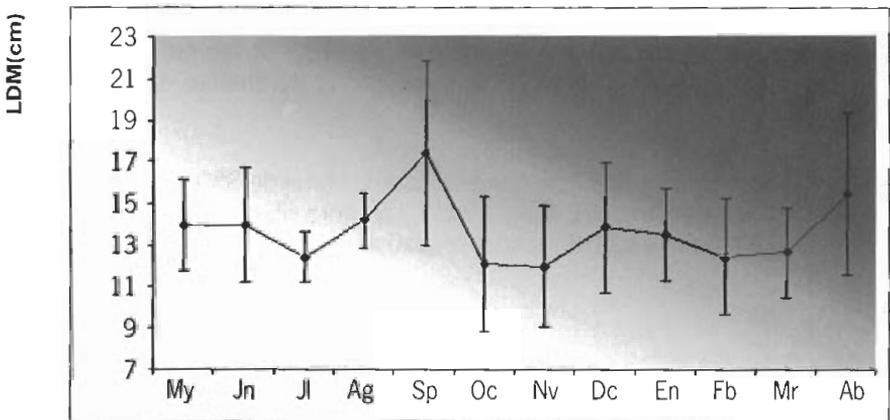


Figura 66. *S. officinalis*. Evolución de las longitudes dorsales medias a lo largo del ciclo. Las barras indican los valores de desviación típica.

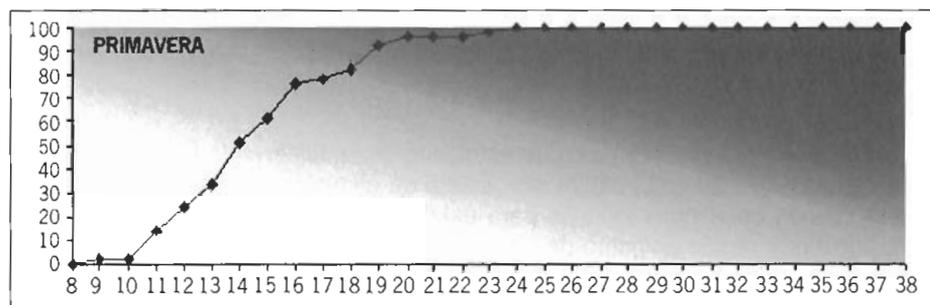
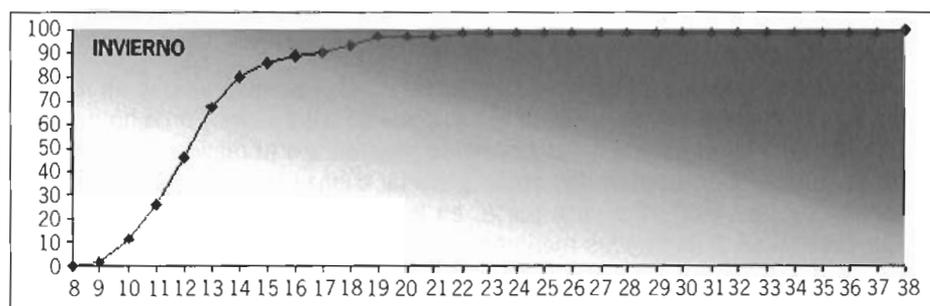
El patrón que se observa, es un mantenimiento de las longitudes dorsales medias en primavera y verano, con un aumento en septiembre, para, posteriormente descender y mantenerse con ligeras fluctuaciones hasta el mes de abril, en el que se produce un incremento.

Si comparamos estos resultados con estados macroscópicos (Figura 65), se observa que el aumento de longitud en el mes de abril está relacionado con un incremento en el porcentaje de individuos en estado III y IV (maduro y puesta) con respecto a los meses anteriores. En el caso de septiembre, parece que el aumento de longitud puede explicarse, principalmente, por un incremento en el número de individuos grandes, observándose ejemplares de mayor tamaño a lo obtenido en el resto de los meses.

B. Talla de madurez sexual

La talla de madurez sexual se define como aquella en la cual, el 50% de los individuos se encuentra en estado maduro. Para el establecimiento de dicha talla se han analizado ambos sexos por separado, utilizando intervalos de longitudes dorsales del manto de 1 cm y considerando como maduros los estados III y IV.

Los resultados obtenidos para los machos se muestran en la figura 67.



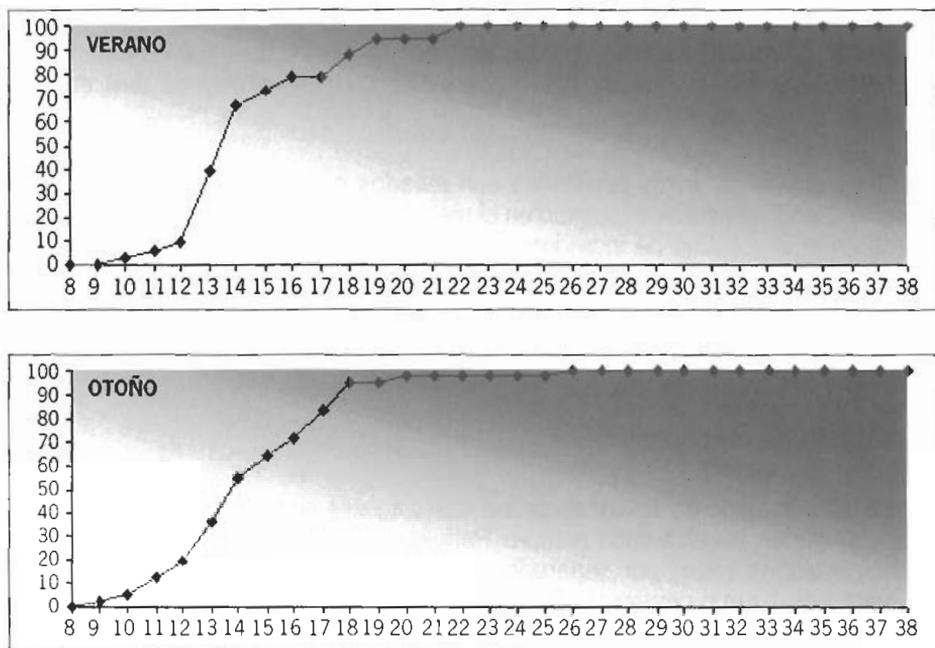


Figura 67. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en machos en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en centímetros.

Analizando cada una de las gráficas por separado, se observa que en invierno, se alcanza la talla de madurez sexual en el intervalo 12-13 cm. En dicho intervalo, un 66,67% de la población está sexualmente madura. En primavera, con la mayor parte de la población con un desarrollo gonadal avanzado, la madurez sexual se alcanza a los 13-14 cm. Por otra parte, en los meses veraniegos, se observa el mismo porcentaje de individuos maduros que en primavera, alcanzándose, de igual manera, la talla de madurez sexual en el intervalo de 13-14 cm, si bien, mientras que en primavera el 50% de individuos en este rango de tallas está sexualmente maduro, aquí el porcentaje es de 66,67%. Por último, en otoño, pese a que se observa un mayor porcentaje de ejemplares en estados iniciales de maduración, la talla de madurez sexual se alcanza, igual que en los casos anteriores, en el intervalo de 13-14 cm.

La talla de madurez sexual ha de establecerse considerando la obtenida en los meses en los que existe el mayor porcentaje de ejemplares maduros; primavera y verano son las estaciones idóneas para establecer la talla de madurez sexual que será, por tanto, desde un punto de vista macroscópico de 13 cm.

En el caso de las hembras, los resultados se observan en la figura 68.

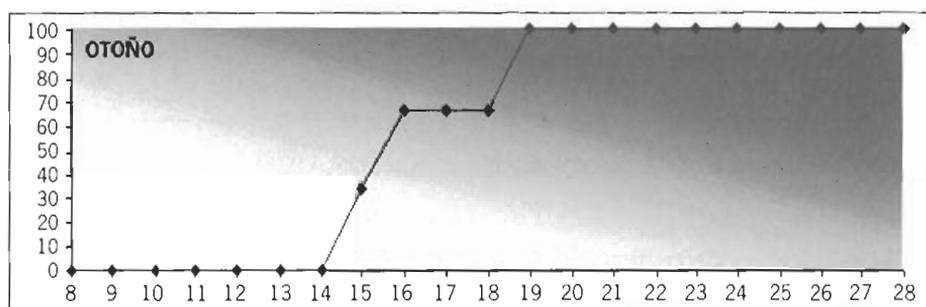
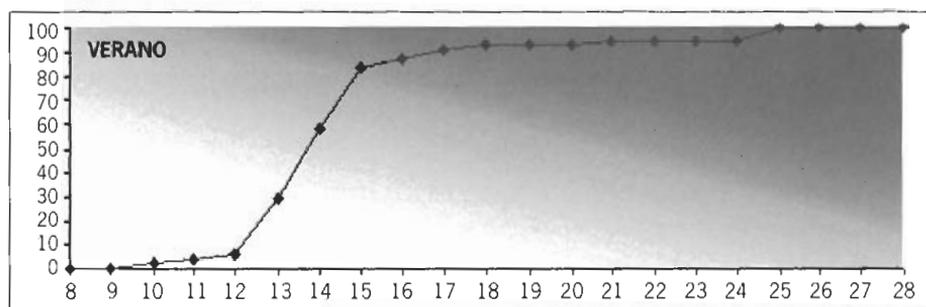
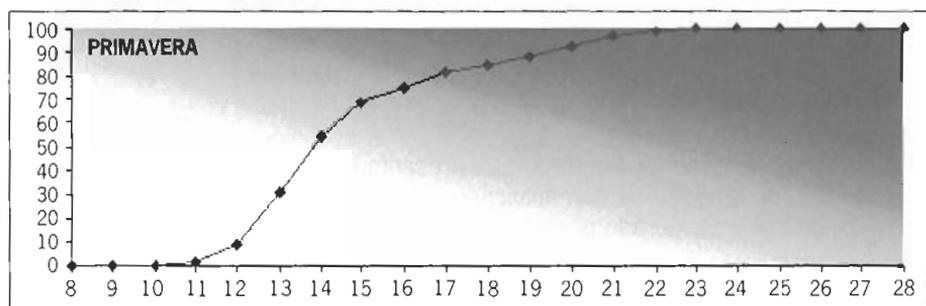
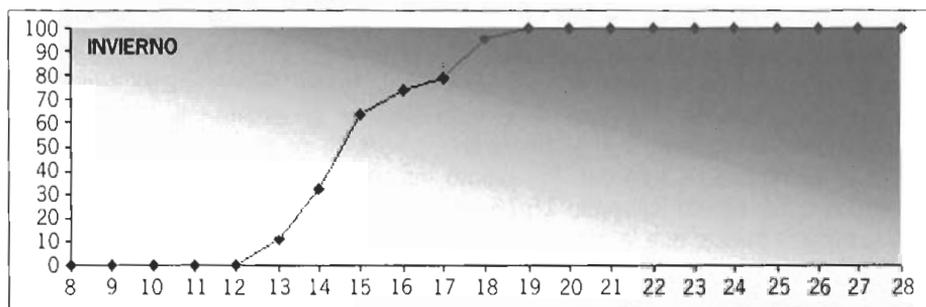


Figura 68: *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en hembras en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en centímetros.

Analizando cada una de las estaciones por separado, se observa que en invierno, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo 14-15 cm, con un 63,2% de la población en estados avanzados de desarrollo gonadal. En primavera, temporada con mayor número de individuos en estado maduro, en el intervalo 13-14 cm, un 53,7% alcanza la madurez sexual. En verano, un 58,2% se encuentra madura sexualmente en el intervalo 13-14 cm. Por último, en otoño, se alcanza la talla de madurez sexual a los 15 cm (intervalo 15-16 cm). Este último dato hay que tomarlo con mucha cautela puesto que la mayor parte de los ejemplares, independientemente de su tamaño, se encuentran en estado inmaduro.

De todos los resultados obtenidos, la talla de madurez de hembras de *S. officinalis*, desde un punto de vista macroscópico, sería la obtenida en primavera (14 cm).

C. Índices de condición

Con objeto de conocer el estado que presenta la población de *S. officinalis* a lo largo del año de estudio, se han analizado una serie de índices gonadosomáticos. Para ello, se han considerado por separado machos y hembras.

En el caso de los machos, en la figura 69 se muestra la evolución del índice gonadosomático IGS.

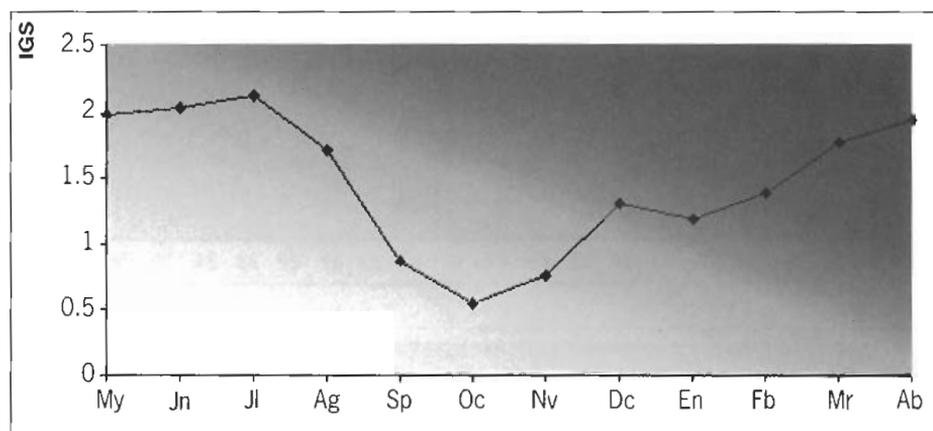


Figura 69. *S. officinalis*. Evolución del índice gonadosomático (IGS) en machos a lo largo del ciclo.

El índice gonadosomático (IGS) relaciona el peso del testículo con el peso total del ejemplar, de manera que, aumentos en el índice coinciden con aumentos en la maduración. Analizando la evolución de IGS a lo largo del ciclo anual, se observa un aumento desde el mes de mayo hasta julio, mes en el que se alcanza el valor máximo (2,12). A continuación se produce un descenso progresivo hasta llegar a un valor

mínimo en octubre (0,54), coincidiendo con el mes en el que se observa el mayor porcentaje de individuos inmaduros. En el resto de los meses, se produce un aumento progresivo como consecuencia de la maduración de los ejemplares.

Otro índice considerado es el del complejo espermatofórico, ICE, cuya evolución se observa en la figura 70.

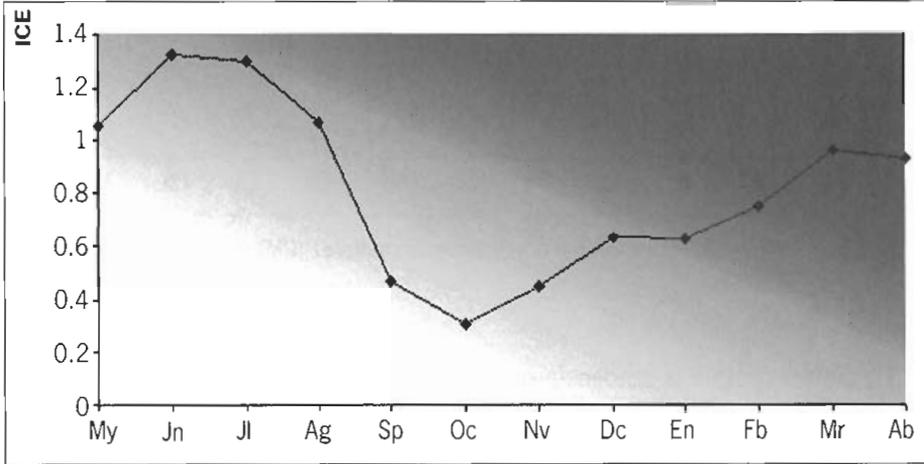


Figura 70. *S. officinalis*. Evolución del índice del complejo espermatofórico (ICE) en machos a lo largo del ciclo anual.

Al igual que en IGS, los aumentos del índice del complejo espermatofórico están relacionados con aumentos en el estado de maduración y viceversa. La evolución que presenta (Figura 70), es similar a la obtenida en IGS, con un máximo en junio y un mínimo en octubre.

Respecto al coeficiente de madurez (CM), la evolución que presenta, se observa en la figura 71.

Según miramos la figura 71, observamos que los resultados obtenidos son similares a los de los otros índices de condición, con el máximo en julio y el mínimo en octubre.

Paralelamente, se considerará por separado los machos cuya longitud dorsal del manto esté por encima y por debajo de la talla de madurez sexual propuesta, posteriormente, por criterios microscópicos. En este caso basta decir que esta talla es de 12 cm de LDM.

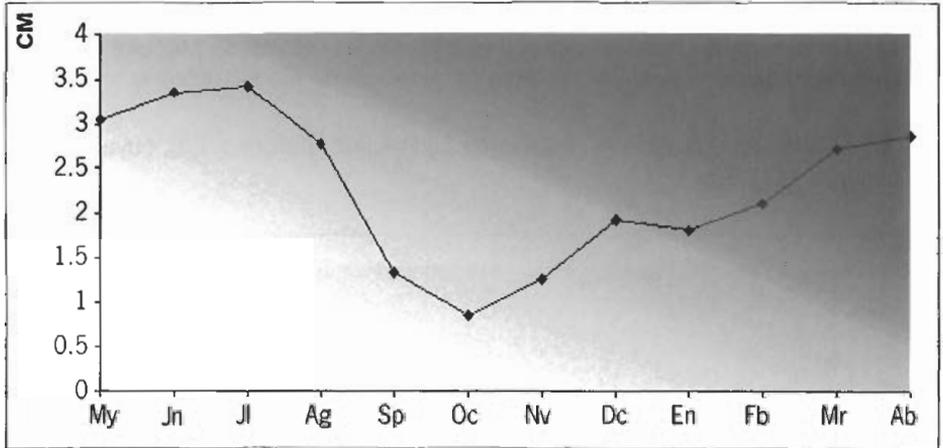


Figura 71. *S. officinalis*. Evolución del coeficiente de madurez (CM), en machos a lo largo del ciclo anual.

En ambos grupos la tendencia que muestran es prácticamente similar (Figuras 72 ,73 y 74), observándose valores máximos de madurez en junio para el caso de los inmaduros y, julio para los maduros. Los valores mínimos se observan en septiembre, para los inmaduros y octubre, para los maduros. En resumen, el patrón seguido en ambos casos es similar, con un desfase temporal de un mes.

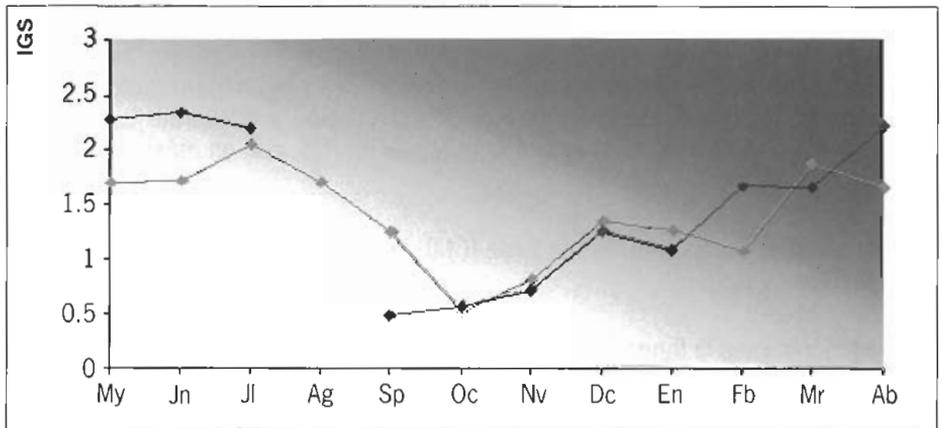


Figura 72. *S. officinalis*. Evolución del índice gonadosomático a lo largo del ciclo. Línea azul: machos inmaduros; línea roja: machos maduros.

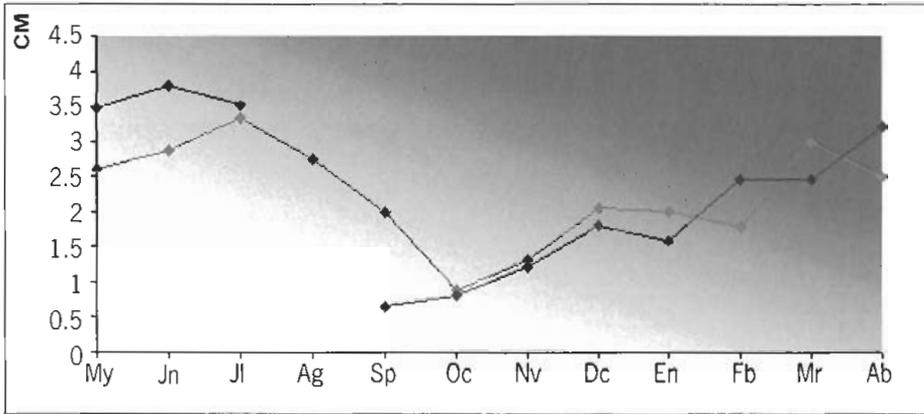


Figura 73. *S. officinalis*. Evolución del índice del complejo espermatofoórico a lo largo del ciclo. Línea azul: machos inmaduros; línea roja: machos maduros.

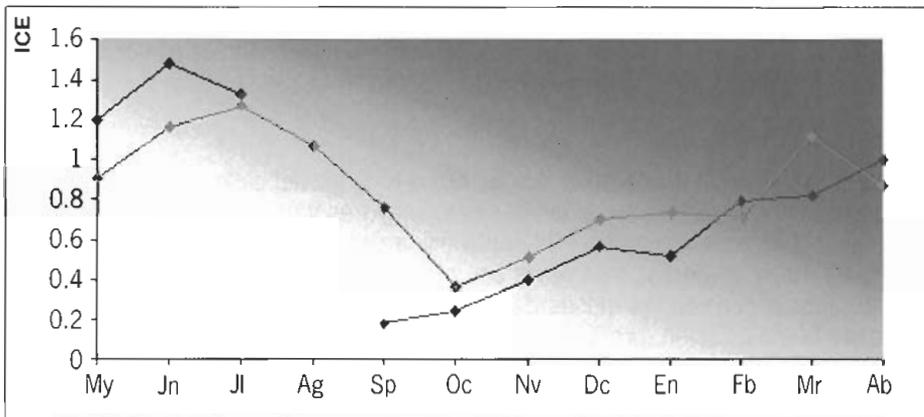


Figura 74. *S. officinalis*. Evolución del índice del coeficiente de madurez a lo largo del ciclo. Línea azul: machos inmaduros; línea roja: machos maduros.

En el caso de las hembras, debido a la presencia de ejemplares en distintos estados de maduración durante gran parte de los meses del año, se han considerado los índices dividiendo en dos grupos: los que superan la talla de madurez propuesta y aquellos que no la alcanzan. La talla propuesta es la que se ha obtenido por medio de observaciones microscópicas y cuyo análisis se explicará en un apartado posterior. En este caso, basta decir que dicha talla se ha establecido en 13 cm de LDM.

Al igual que en el caso de los machos, se ha seguido la evolución del índice gonadosomático (IGS), que relaciona el peso de la gónada con el peso total del ejem-

plar. En el caso de machos, se utiliza el peso del testículo y, en el de las hembras, el del ovario. (Figura 75).

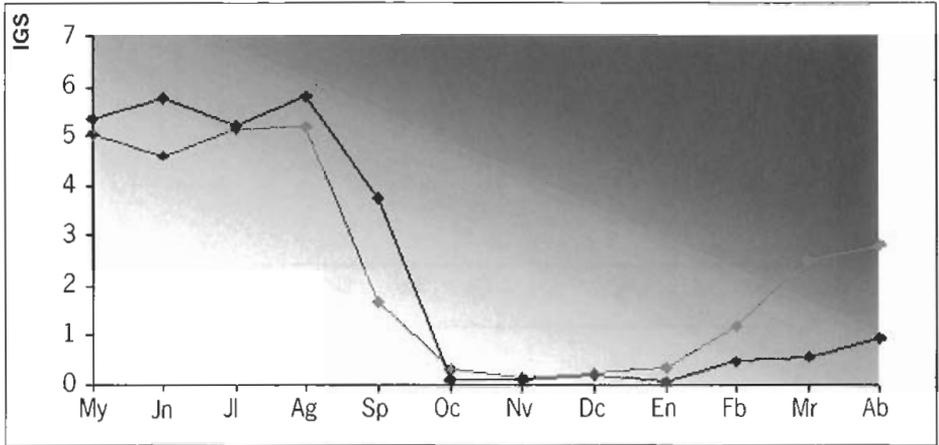


Figura 75. *S. officinalis*. Evolución del índice de condición general (IGS) en hembras. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

La figura 75 muestra la evolución de IGS a lo largo del ciclo, con valores prácticamente similares en el caso de las hembras mayores y menores a la talla de madurez sexual. La tendencia que se observa es, a presentar valores máximos en los meses de mayo a agosto, a partir de ahí, producirse un descenso brusco con valores cercanos a cero en los meses de octubre a enero, ambos inclusive. En febrero comienza la maduración, produciéndose aumentos progresivos de IGS a lo largo de los meses.

El otro índice a considerar es el coeficiente de madurez (CM), que relaciona el peso del ovario y la glándula oviductal con el peso total (Figura 76).

La evolución que se observa es similar a la observada para el anterior índice gonadosomático (IGS), con valores máximos en primavera-verano y mínimos en otoño-invierno, dando idea del marcado carácter estacional que presenta la población femenina de *S. officinalis*.

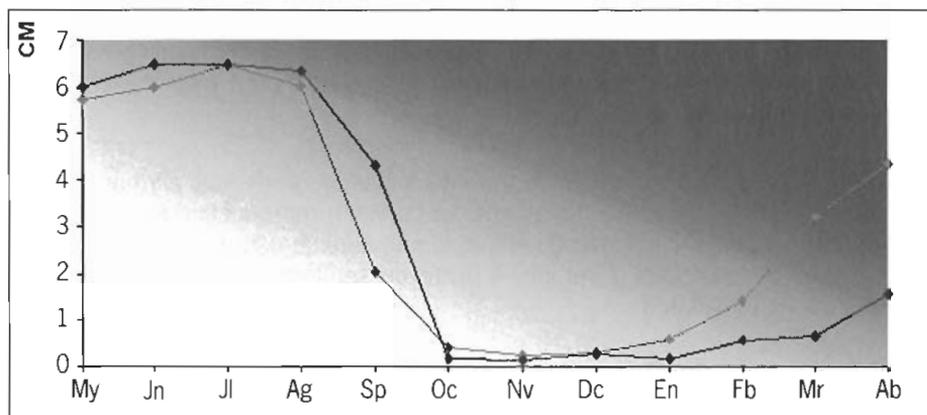


Figura 76. *S. officinalis*. Evolución del coeficiente de madurez (CM) en hembras a lo largo del ciclo. Línea azul: hembras inmaduras; línea roja: hembras maduras.

3.3.1.3 Ciclo gametogénico

A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal

Con objeto de establecer el ciclo gametogénico de la población objeto de estudio, se han analizado un total de 285 machos. La figura 77 muestra la evolución de los distintos estados de maduración.

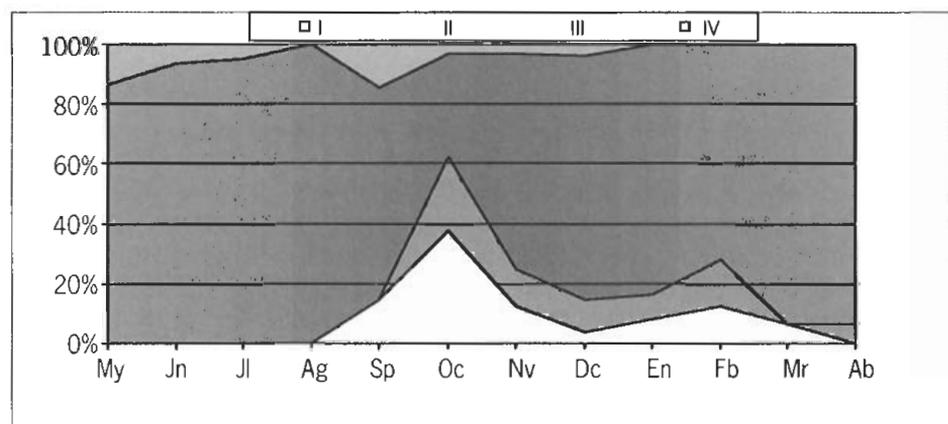


Figura 77. *S. officinalis*. Estados de desarrollo gonadal en machos a lo largo del ciclo.

Los resultados obtenidos muestran la predominancia de individuos en estado III a lo largo de todo el ciclo anual, alcanzándose el valor máximo (100%) en el mes de agosto. En mayo se observan los valores máximos de individuos en estado IV (13,33%). La evolución que se observa es muy similar a la obtenida por medio de la

escala macroscópica, con individuos en estados maduros en todos los meses del año y en mayor medida, en primavera y verano. A partir de septiembre y hasta el mes de marzo se observan individuos inmaduros (estado I) cuyo valor máximo es de 37,5% en el mes de octubre.

Como resumen a todo lo anteriormente indicado, podemos afirmar que los machos de *S. officinalis* presentan un comportamiento reproductivo en el cual, a lo largo de todo el año existen individuos inmaduros aunque este porcentaje aumenta en los meses de primavera y verano. A partir de septiembre, comienzan a observarse individuos inmaduros.

En el caso de las hembras, la evolución de los estados microscópicos de madurez se observa en la figura 78.

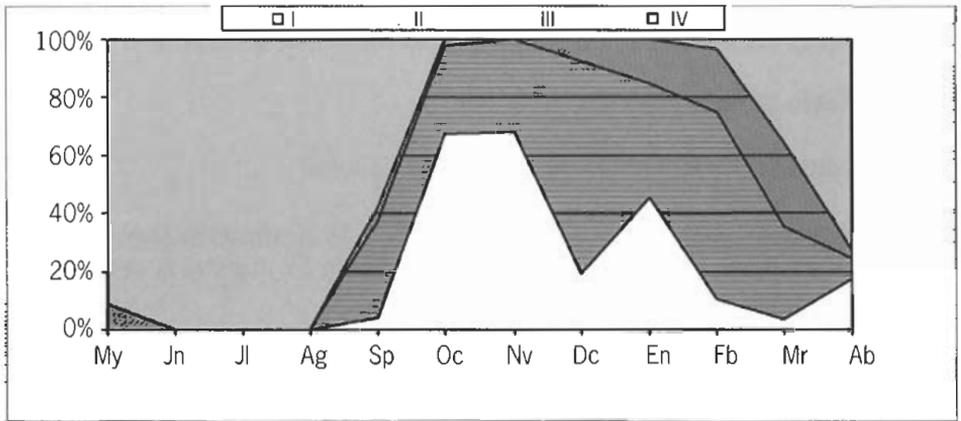


Figura 78. *S. officinalis*. Estados de desarrollo gonadal en hembras a lo largo del ciclo.

Los resultados obtenidos muestran que las hembras de *S. officinalis* presentan un ciclo de desarrollo gonadal claramente estacional, con un amplio periodo de puesta que abarca desde febrero hasta septiembre (ambos inclusive). En septiembre comienza un periodo de reposo, con individuos en estado inmaduro hasta el mes de abril, en el cual ya un 72,41% de los ejemplares se encuentran en estado IV.

B. Talla de madurez sexual

Al igual que para el caso del establecimiento de la talla de madurez sexual por observación macroscópica, se ha considerado necesario analizar los resultados de ambos sexos por separado, y dentro de cada uno de los sexos, diferenciar por estaciones.

Se han establecido intervalos de 1 cm y considerando como maduros los estados III y IV.

En el caso de los machos los resultados obtenidos se observan en la figura 79.

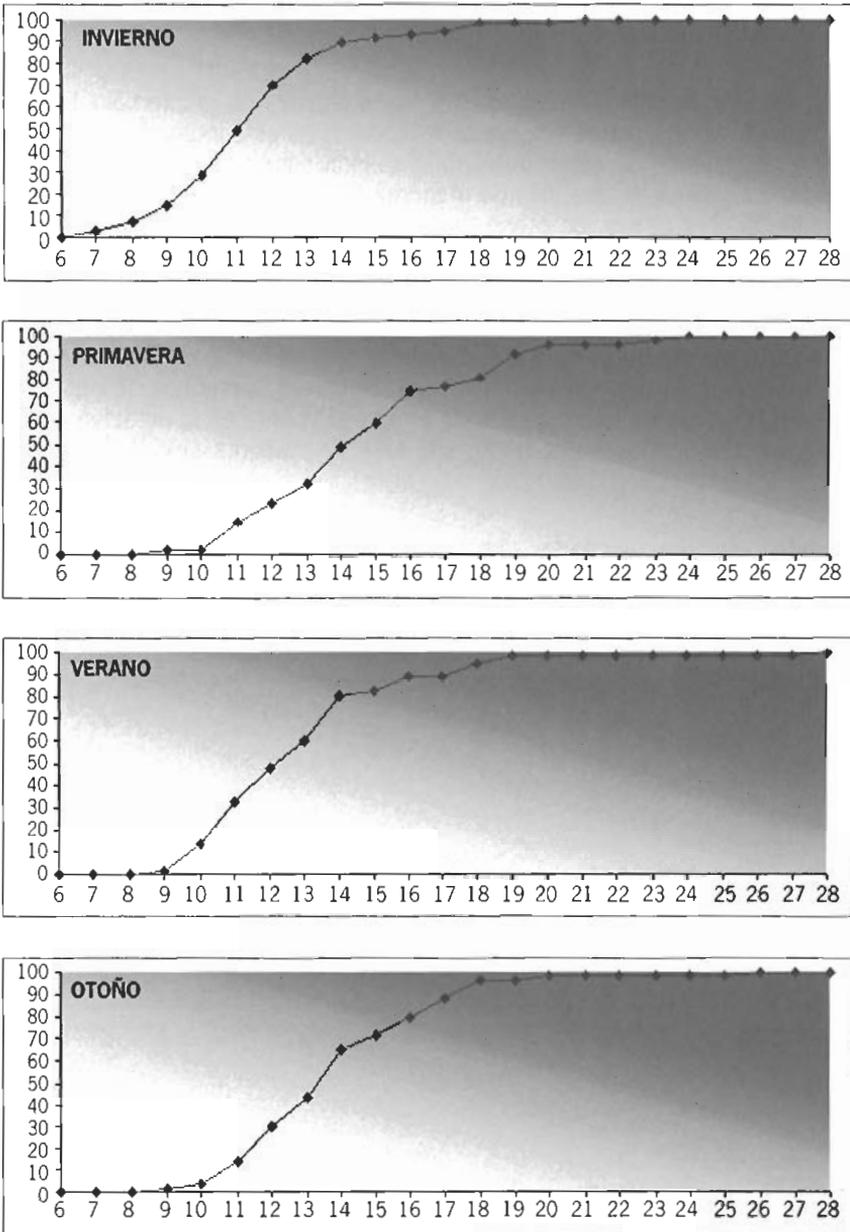


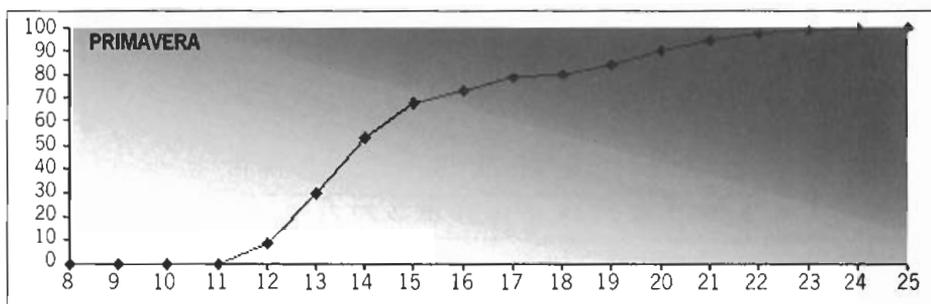
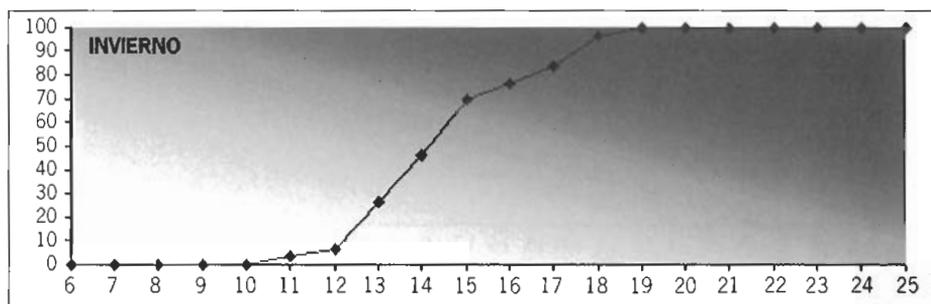
Figura 79. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en machos en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en centímetros.

Si analizamos cada una de las gráficas por separado, observamos que en invierno, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo de 11-12 cm, con un 69,86% de los ejemplares en estado maduro.

En primavera, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo 14-15 cm, con un 59,57% de ejemplares sexualmente maduros en este intervalo. En los meses veraniegos, es cuando el mayor porcentaje de individuos presenta un estado avanzado de maduración, con una talla de madurez sexual de 12-13 cm (60,34% individuos maduros). Por último, en otoño, la talla de madurez sexual se observa en el intervalo de 13-14 cm.

Con los resultados obtenidos, podemos establecer como talla de madurez sexual, aquella que se obtiene en la estación del año en la que existe un mayor porcentaje de individuos maduros. De esta forma, aunque el porcentaje de individuos en estados III ó IV, es alto a lo largo de todo el año, el verano es la estación en la que es mayor, estableciéndose, por tanto, una talla de madurez sexual de 12 cm de LDM.

Paralelamente, los resultados obtenidos en la población de hembras, se muestran en la figura 80.



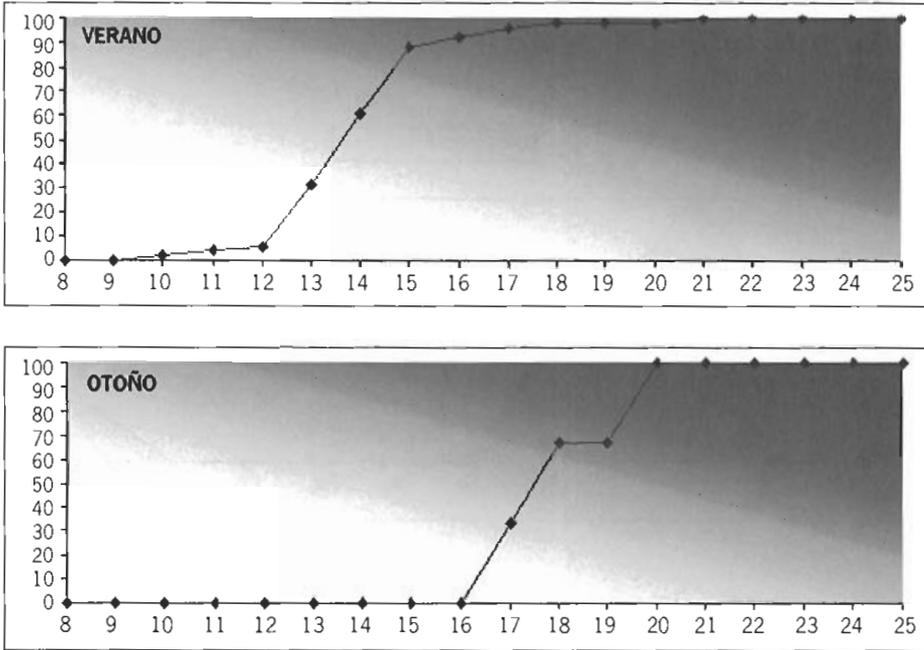


Figura 80. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en hembras en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en centímetros.

Desglosando los resultados obtenidos, se observa que las hembras de *S. officinalis*, presentan un comportamiento reproductor bastante diferente al de los machos, más estacional. En invierno, la talla de madurez sexual se alcanza en el intervalo 14-15 cm, mientras que, en primavera, en el intervalo de 13-14 cm, se obtiene la talla de madurez sexual, con un 53,52% de ejemplares en estado maduro.

En verano, en el intervalo 13-14 cm, se alcanza la talla de madurez sexual con 60,7% de individuos en estado maduro. Por el contrario, en otoño, sólo se observan tres individuos en estado III por lo que no puede establecerse la talla de madurez sexual, ya que los resultados inducen a error.

Con los resultados obtenidos, podemos establecer como talla de madurez sexual para las hembras de *S. officinalis* la obtenida en primavera, que corresponde a individuos de 13 cm de LDM.

C. Contenido de receptáculo seminal

Se ha realizado un seguimiento de la presencia o ausencia de espermatangias en el receptáculo seminal con objeto de determinar el momento de la fecundación.

La figura 81 muestra el porcentaje de receptáculos seminales llenos y vacíos a lo largo del año, sin tener en cuenta ni la talla ni el estado de madurez microscópico de los ejemplares.

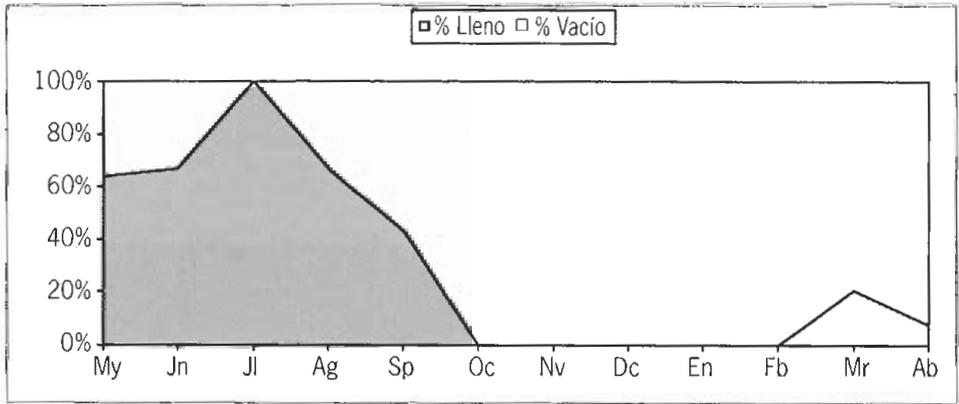


Figura 81. *S. officinalis*. Evolución del contenido del receptáculo seminal a lo largo del ciclo.

Los resultados obtenidos muestran que, durante los meses de mayo a agosto, ambos inclusive, el porcentaje de ejemplares que presentan espermatoforos en el receptáculo bucal es superior al 60%, alcanzando el 100% en julio. De octubre a febrero, el 100% de las hembras presentan el receptáculo bucal vacío. Paralelamente, para recabar mayor información sobre el posible periodo de almacenamiento de esperma se ha realizado un seguimiento similar, pero separando los ejemplares de acuerdo con el estado (Figura 82).

Resultados y Conclusión

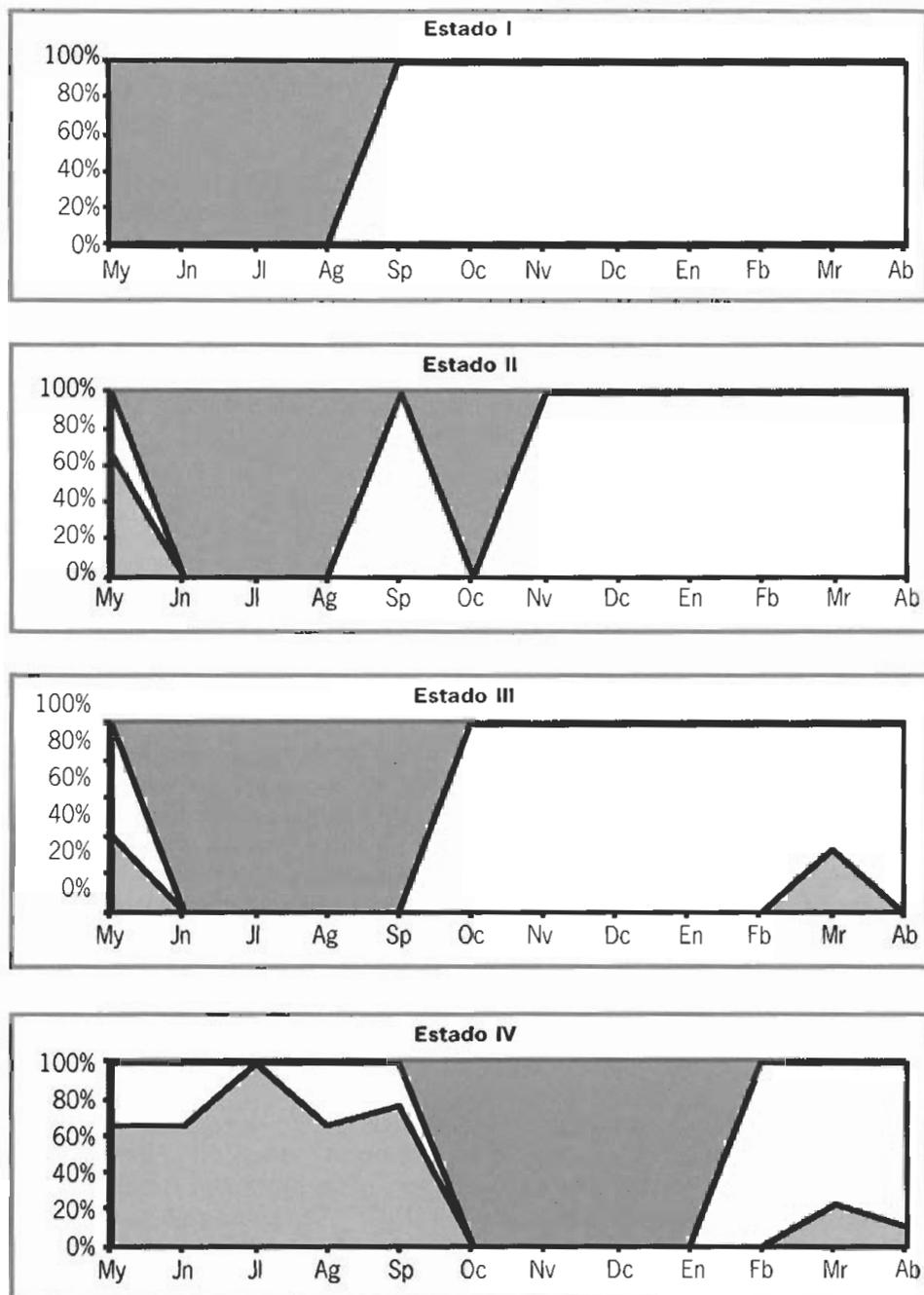


Figura 82. *S. officinalis*. Evolución del contenido del receptáculo seminal de acuerdo con el estado de desarrollo de la gónada. Área blanca: vacíos; área azul: llenas; en gris los meses en los que no existen hembras en cada uno de los estados.

Los resultados obtenidos muestran que todas las hembras que se encuentran en estado I poseen el receptáculo bucal vacío, mientras que en el estado II, sólo en el mes de mayo, se observan ejemplares con espermatozoides en el receptáculo bucal.

En el caso de los estados maduros (III y IV), parece que el hecho de contener o no espermatozoides en el receptáculo bucal presenta una clara estacionalidad, estando vacíos en otoño e invierno y conteniendo espermatozoides en primavera y verano.

Estos resultados parecen no coincidir con los de *O. vulgaris*, mostrando el primero mayor capacidad de almacenar esperma durante un periodo más prolongado de tiempo, existiendo un gran porcentaje de individuos inmaduros con esperma en su interior, mientras que no es probable encontrar ejemplares inmaduros de *S. officinalis* con espermatozoides en el receptáculo bucal.

3.3.2 CONCLUSIÓN

S. officinalis es una especie que exhibe dimorfismo sexual, estableciéndose el sex-ratio exclusivamente por observaciones macroscópicas. Los resultados obtenidos muestran que la población de *S. officinalis* de la región suratlántica presenta una proporción de sexos de 1:1.

A partir de los resultados obtenidos por medio de las escalas macroscópicas y de los índices gonadosomáticos, se puede afirmar que el comportamiento reproductivo difiere de un sexo a otro. En el caso de los machos, cabe destacar la existencia de ejemplares maduros a lo largo de todo el año, si bien este porcentaje es mayor en primavera y verano. Con la excepción de diciembre, a lo largo del periodo comprendido entre septiembre y marzo se observan ejemplares en estado inmaduro, si bien no presentan un porcentaje muy alto. Comparando estos resultados con los obtenidos por medio de los índices gonadosomáticos, se observa que los machos de *S. officinalis* de la región suratlántica presentan valores máximos en los meses entre mayo y junio, confirmándose el mayor desarrollo gonadal en primavera y verano.

En lo que respecta a las hembras, el patrón reproductivo es bastante diferente al explicado anteriormente para el caso de los machos. A lo largo del ciclo anual, presentan un amplio periodo de puesta desde marzo hasta septiembre, con dos picos máximos en junio y julio, meses en los cuales el 100% de la población se encuentra en estado de puesta. En octubre y noviembre la mayor parte de la población se encuentra inmadura, comenzando el desarrollo gonadal a partir de diciembre y extendiéndose hasta marzo, mes en el cual comienza la puesta. Comparando estos resultados con los obtenidos por los índices gonadosomáticos, se observa que en primavera y verano coincidiendo con el periodo de máxima madurez sexual, los índices son

máximos, mientras que en otoño e invierno, se produce una disminución, como consecuencia de la aparición de ejemplares inmaduros en la población.

Con respecto al estudio histológico, los resultados son bastante similares a los obtenidos por análisis macroscópico. La población de machos de *S. officinalis*, presenta una predominancia de ejemplares maduros a lo largo de todo el año, alcanzándose el valor máximo (100%) en el mes de agosto. A partir de diciembre hasta marzo, se observan individuos inmaduros. Si comparamos estos resultados con los obtenidos por análisis microscópico, la diferencia a destacar es la menor proporción de individuos inmaduros en el caso de las observaciones microscópicas. Ante la mayor fiabilidad de los resultados histológicos, se confirma la existencia de un porcentaje no muy importante de ejemplares inmaduros a lo largo del año, con un valor máximo en el mes de octubre (37,5%).

En el caso de las hembras, los resultados de las observaciones microscópicas muestran un ciclo de desarrollo gonadal claramente estacional, con un amplio periodo de puesta que abarca desde febrero hasta septiembre en el cual, una misma hembra puede realizar varias puestas. A partir de ahí se observa un periodo de reposo, en el cual se observan individuos inmaduros hasta el mes de marzo, en el que comienza el desarrollo gonadal. Como consecuencia del inicio de la gametogénesis, los índices gonadosomáticos se incrementan de forma progresiva, presentando los valores más altos en los meses de junio a septiembre.

Con objeto de establecer el momento de la fecundación, se ha realizado un seguimiento de la presencia o ausencia de espermatangias en el receptáculo bucal. Los resultados obtenidos muestran que todas las hembras en estado I poseen el receptáculo bucal vacío, en estado de maduración (II) sólo en el mes de mayo se han observado hembras con el receptáculo bucal lleno. En el caso de los estados maduros, se observa una clara estacionalidad, observándose receptáculos vacíos en otoño e invierno y conteniendo espermatangias en primavera y verano.

Estos resultados difieren de los obtenidos en *O. vulgaris*, que muestra una gran capacidad de almacenar esperma en su interior durante un largo periodo de tiempo, mientras que la cópula de *S.officinalis*, normalmente se realiza cuando la hembra está lista para la puesta.

Como último punto a destacar, se ha establecido la talla de madurez sexual tanto desde un punto de vista macroscópico como microscópico y, dentro de cada uno de ellos, diferenciando por sexos y por estaciones. En el caso de los machos, de las cuatro estaciones del año, se ha establecido la talla de madurez sexual en la época del año en la cual el porcentaje de ejemplares maduros es mayor. Se ha considerado primavera y verano (presentan el mismo porcentaje) para la observación macroscópica y el verano para la microscópica. Los resultados obtenidos muestran que, para la observación macroscópica, la talla de madurez sexual es de 13 cm,

mientras que en el caso microscópico, se alcanza a una longitud dorsal del manto de 12 cm. La diferencia obtenida se debe, principalmente, a los ejemplares que se encuentran en el límite entre el estado II y III, no pudiendo diferenciarse claramente por observación macroscópica e induciendo a error.

En el caso de las hembras, tanto desde un punto de vista macroscópico como microscópico, la primavera es la estación en la cual se observa el porcentaje más alto de ejemplares maduros. Los resultados obtenidos son similares, obteniéndose, en ambos casos, una talla de madurez sexual de 13 cm de LDM.

Con objeto de establecer un periodo de veda para la población suratlántica de *S. officinalis*, se aconseja considerar la época en la cual el porcentaje de ejemplares en estado de puesta es máximo.

Los resultados obtenidos muestran la alta actividad reproductora de los machos durante todo el ciclo anual, incrementándose, si cabe, en primavera y verano. En lo que respecta a las hembras, se observa una clara estacionalidad, con un periodo de puesta que se extiende desde marzo hasta septiembre, obteniéndose los máximos porcentajes en junio y julio.

Por tanto, proponemos tres posibles periodos de cese de la actividad pesquera de *S. officinalis* en la región suratlántica:

- 1) Julio
- 2) Alternativa: junio
- 3) Agosto

Las dos primeras opciones son igualmente eficaces, aunque existen dos factores a favor de la propuesta principal: por una parte, al tratarse de una especie en la cual las hembras ponen varias veces a lo largo del periodo de puesta, en este mes nos aseguramos que ya ha realizado más de una puesta. Por otra parte, estaría la salvaguarda de los juveniles procedentes de las puestas anteriores. La tercera, pese a que el número de ejemplares en puesta es alto, se considera menos indicado por tratarse de final de periodo, con puestas menos abundantes.

En relación con la talla mínima de captura, los resultados de las tallas de madurez sexual obtenidos para machos y hembras por medio de observaciones microscópicas son:

- Machos: 12 cm de longitud dorsal del manto (LDM).
Hembras: 13 cm de longitud dorsal del manto (LDM).

Los resultados obtenidos son prácticamente similares en el caso de machos y hembras, aún así, los machos presentan una talla de madurez sexual levemente más baja que las hembras, debido a lo cual, puesto que son las hembras las que, en última instancia, determinan el momento de la puesta, aconsejamos establecer una talla mínima de captura basándose en los datos de las hembras.

Se propone, por tanto, establecer como talla mínima de captura para los ejemplares de *S. officinalis* de la región suratlántica 13 cm de LDM, con objeto de asegurarse que los ejemplares capturados estén sexualmente maduros.

Los datos a tener en cuenta para la regulación de la pesquería de esta especie se resumen en la siguiente tabla:

Opciones	Mes	Talla (cm)
Principal	Julio	13
1ª alternativa	Junio	13
2ª alternativa	Agosto	13

3.4 SEPIA OFFICINALIS DE LA REGIÓN SURMEDITERRÁNEA

3.4.1 RESULTADOS

3.4.1.1 Ciclo reproductor macroscópico

Se han analizado 696 ejemplares, de los cuales 429 son hembras y 267 machos. Cabe aquí recordar que se ha realizado una selección previa de sexos para este estudio.

A. Estados de madurez sexual

Los machos empleados en este estudio oscilan entre los 8 cm de LDM de un ejemplar de septiembre y los 29,8 cm de un ejemplar de diciembre. De acuerdo con esta escala (Figura 83), la mayoría de los ejemplares analizados se encuadran dentro de la categoría de maduros, siendo el periodo de mayor madurez de marzo a julio, ya que durante el mismo sólo se encuentra un ejemplar inmaduro en junio. En marzo y mayo todos los machos de las muestras están maduros. En el verano se registra un incremento considerable de los ejemplares pertenecientes a esta categoría, con el valor máximo en agosto. También se detecta un aumento de machos inmaduros en febrero y marzo. Se encuentran también ejemplares en maduración durante todo el ciclo a excepción de marzo y mayo, destacando los valores de junio y abril. No se ha capturado ningún ejemplar catalogado en puesta.

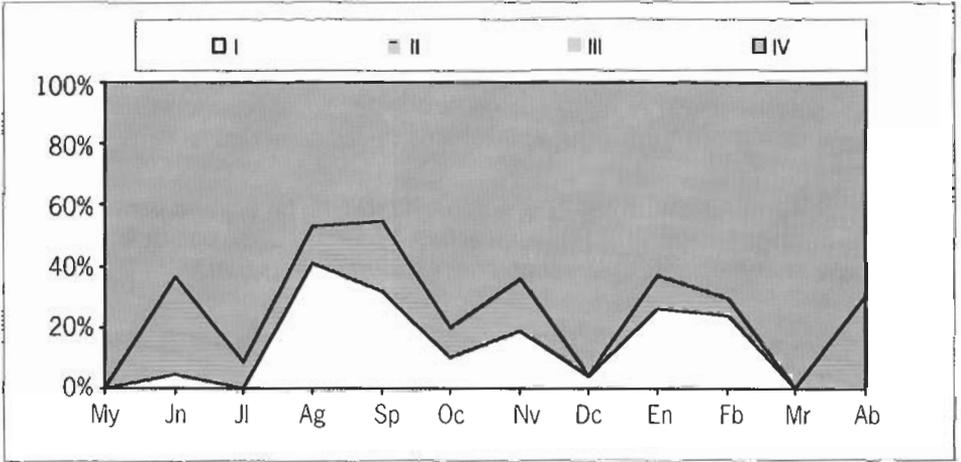


Figura 83. *S. officinalis*. Estados de madurez sexual de acuerdo con la escala macroscópica en machos.

Con el fin de comprobar la posible incidencia de las tallas medias en este ciclo macroscópico, en la figura 84 se muestra la evolución de las longitudes dorsales medias a lo largo del ciclo.

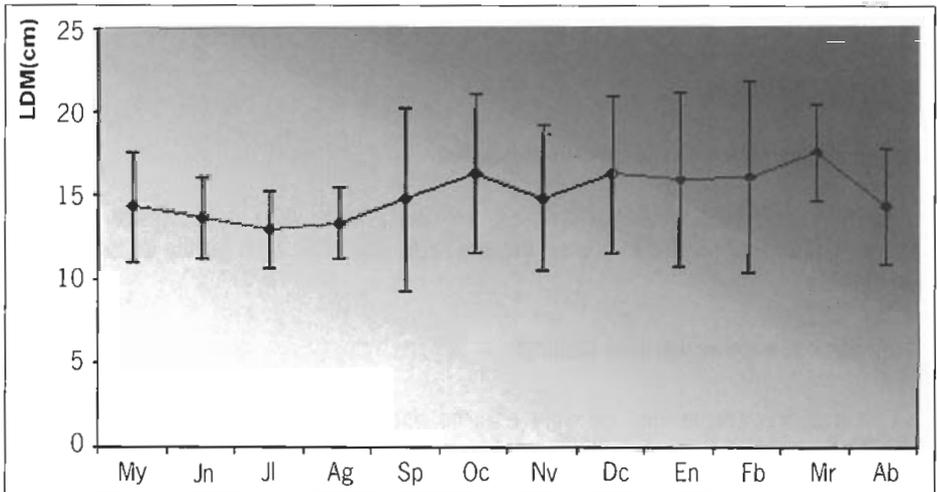


Figura 84. *S. officinalis*. Evolución de las longitudes dorsales medias (LDM) de los machos a lo largo del ciclo.

De acuerdo con esta figura, los ejemplares de mayor talla se han analizado en invierno, otoño y parte de primavera, si bien las longitudes dorsales medias, son también algo más bajas en verano, las desviaciones típicas si son considerablemente más pequeñas.

En relación con las hembras, las longitudes dorsales de los 429 ejemplares analizados oscilan entre uno de agosto, cuya LDM es 3,5 cm y una hembra de 29,4 cm de febrero. De acuerdo con la escala macroscópica de desarrollo llama la atención la asincronía que presentan las hembras con la posibilidad de encontrar los cuatro estados establecidos casi durante todo el año (Figura 85).

El periodo de menor actividad tiene lugar desde agosto a noviembre, ya que durante estos meses los estados I y II representan más del 90% de las muestras, siendo fundamentalmente el estado II el más abundante. A partir de diciembre, y a pesar de la existencia de hembras inmaduras hasta febrero, disminuye drásticamente el porcentaje de hembras en maduración, al tiempo que irrumpen las hembras en estado de puesta, que suponen más del 50% de la población durante los restantes meses. Las máximas puestas tienen lugar entre marzo y julio, con picos del 94% en el primero de estos meses y del 90% en mayo.

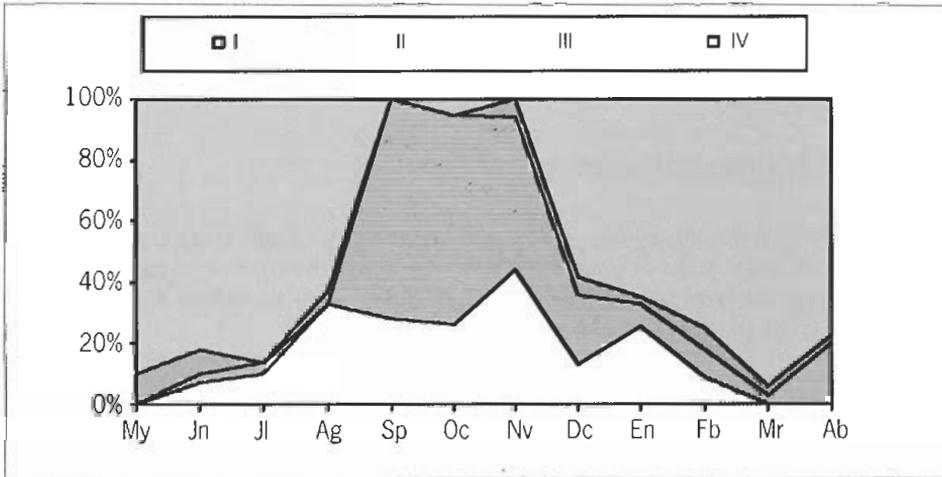


Figura 85 *S. officinalis*. Estados de madurez sexual en hembras de acuerdo con la escala macroscópica.

Podemos comparar este ciclo con las tallas medias de la población (Figura 86). Se observa que de mayo a agosto se capturan los ejemplares más pequeños y de un rango de tallas más estrecho, sin embargo, en el periodo de menor madurez las tallas medias son similares a las de diciembre a marzo.

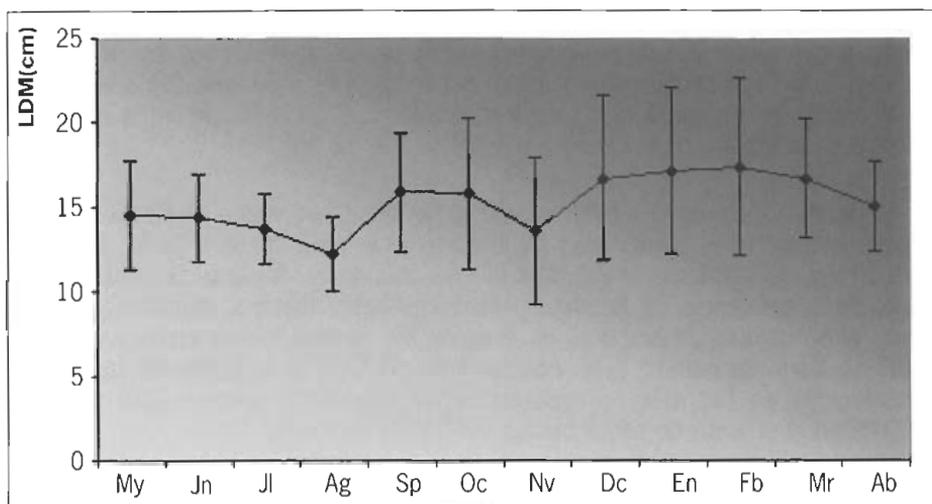


Figura 86. *S. officinalis*. Evolución de las longitudes dorsales medias (LDM) de las hembras a lo largo del ciclo.

B Talla de madurez sexual

Se han considerado ambos sexos por separado y según estaciones. El parámetro de referencia para el establecimiento de esta talla es la longitud dorsal del manto, porque al ser el sepión una estructura rígida, está sometida a menos variaciones que la longitud total o el peso.

Se han considerado machos de entre 8 y 33 cm de longitud dorsal del manto. De acuerdo con los datos obtenidos (Figura 87), la talla de madurez sexual oscila dependiendo de las estaciones consideradas, entre los 17 cm de LDM en invierno y los 13 cm de primavera y verano; en otoño, más del 50% de los machos están maduros con 16 cm.

En cuanto a las hembras, éstas están comprendidas entre 3,5 y 29 cm de longitud dorsal del manto, y la talla de madurez varía entre 16 cm en invierno y los 19 cm de otoño, con valores de 14 y 12 cm en primavera y verano (Figura 88).

Estos datos muestran que no existe una clara diferencia en la talla a la que se alcanza la madurez sexual según se trate de machos y hembras, ya que en unos casos se precisa una talla mayor en los machos, mientras que en otras son las hembras las que la alcanzan con una mayor longitud dorsal del manto. Esto, unido al amplio periodo de madurez sexual de ambos sexos, con la mayoría de la población en estado III y IV en invierno, primavera y parte de verano, ha llevado a considerar la población en su conjunto y durante todo el año (Figura 89).

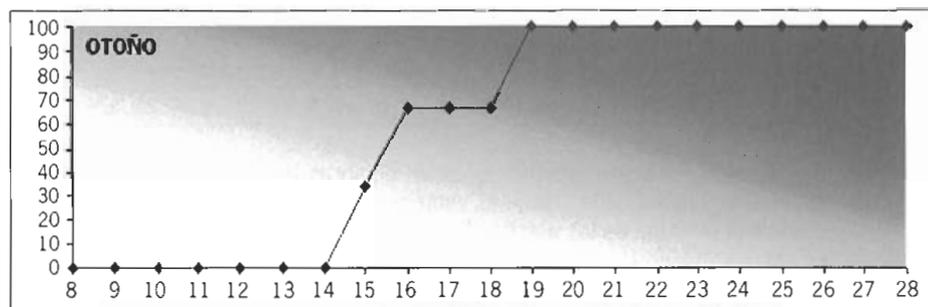
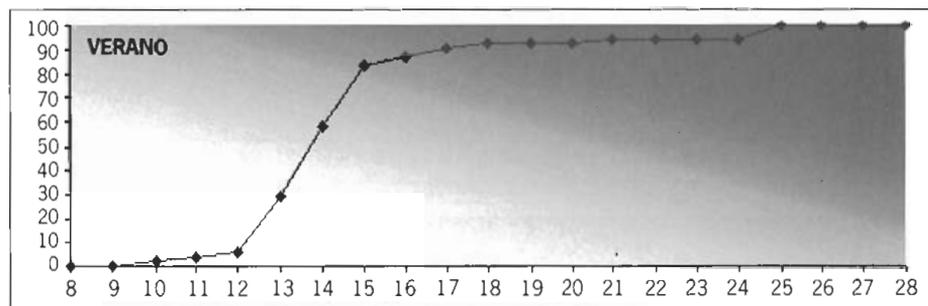
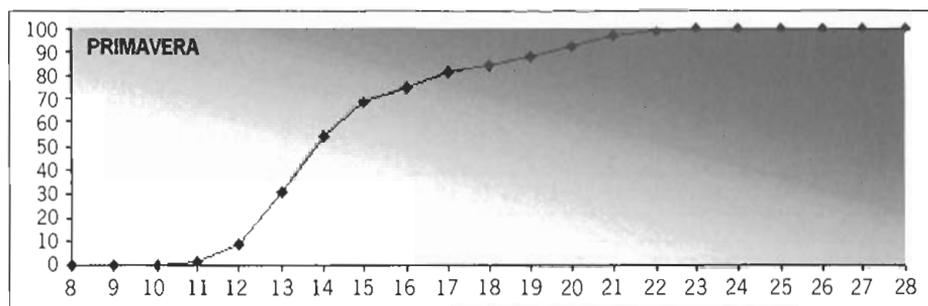
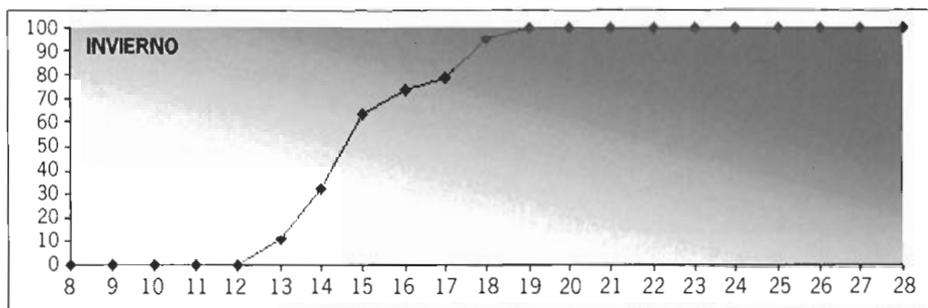


Figura 87. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en machos de acuerdo con el estado de desarrollo gonadal, en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en cm.

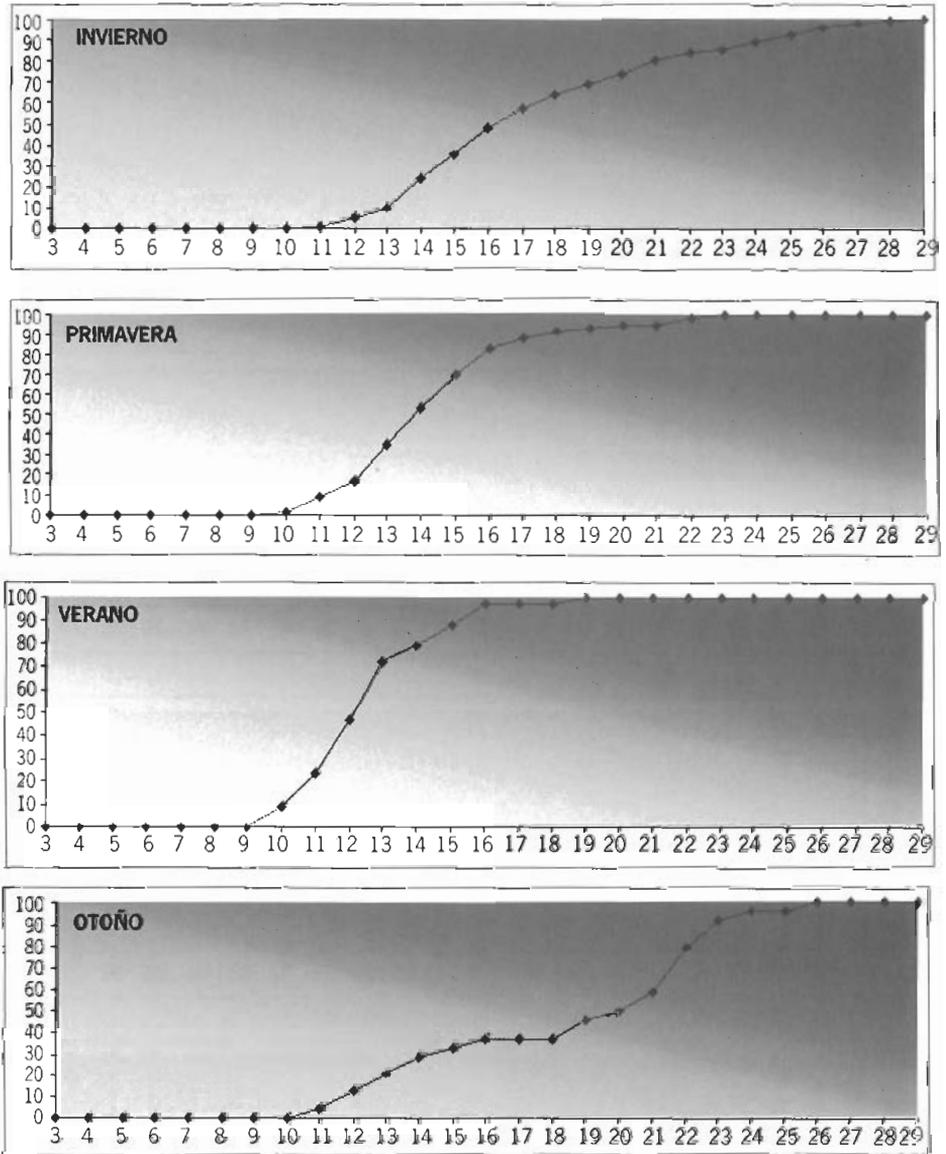


Figura 88. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en hembras de acuerdo con el estado de desarrollo gonadal, en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en cm.

De acuerdo con estos resultados, la talla de madurez sexual de las hembras a lo largo de todo el ciclo, se sitúa en 15 cm (57% de las hembras maduras), mientras que en machos, aproximadamente el 58% de los machos están maduros con 14 cm (Figura 89). Por tanto, se va a considerar que la talla de madurez sexual de esta población se sitúa en 15 cm de longitud dorsal del manto.

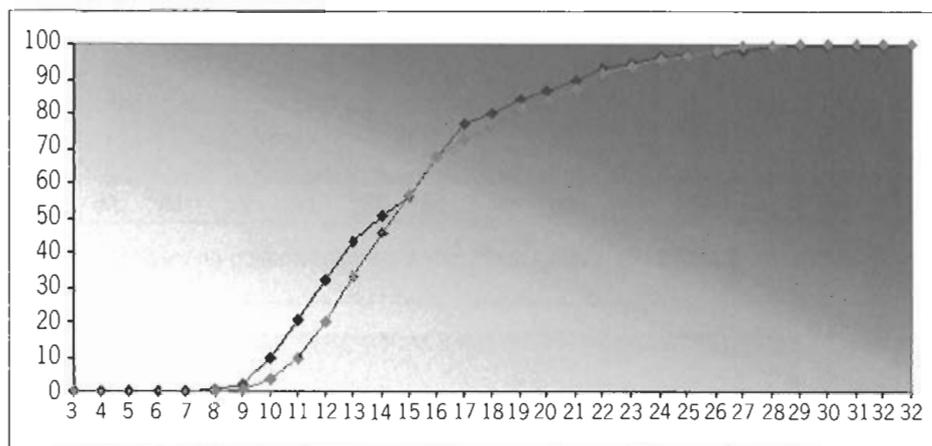


Figura 89. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual de cada uno de los sexos a lo largo del ciclo. Línea azul: machos; línea roja: hembras.

C. Índices de condición

Tres son los índices de condición empleados en machos: el índice gonadosomático, el índice del complejo espermatofórico y el coeficiente de madurez. En los tres se establecen relaciones de alguna de las partes del aparato reproductor con respecto al peso total del ejemplar; por tanto, los aumentos son consecuencia de la maduración de los ejemplares.

En primer lugar se han calculado estos índices para el conjunto de los machos, sin tener en cuenta la talla. El patrón seguido por los tres índices (Figura 90, 91 y 92), es coincidente, variando sólo el orden de magnitud. El periodo de mayor madurez está comprendido entre diciembre y julio, alcanzando en este mes el valor máximo. Desde este momento a noviembre, los valores se reducen considerablemente, indicando que las distintas porciones del aparato reproductor están poco desarrolladas en relación con el peso del ejemplar.

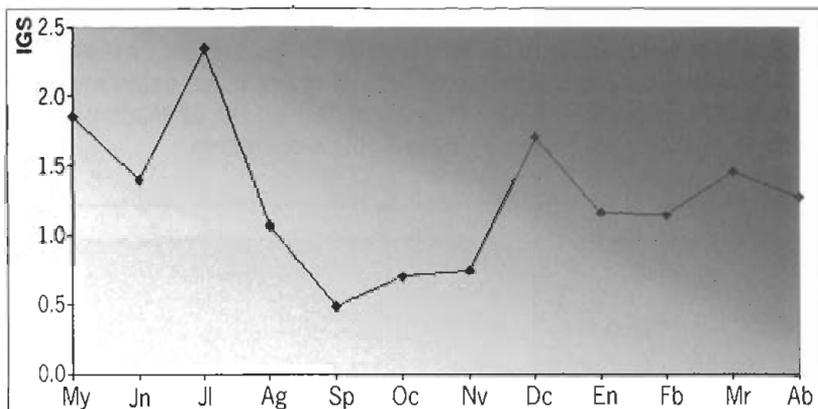


Figura 90. *S. officinalis*. Evolución del índice gonadosomático en machos.

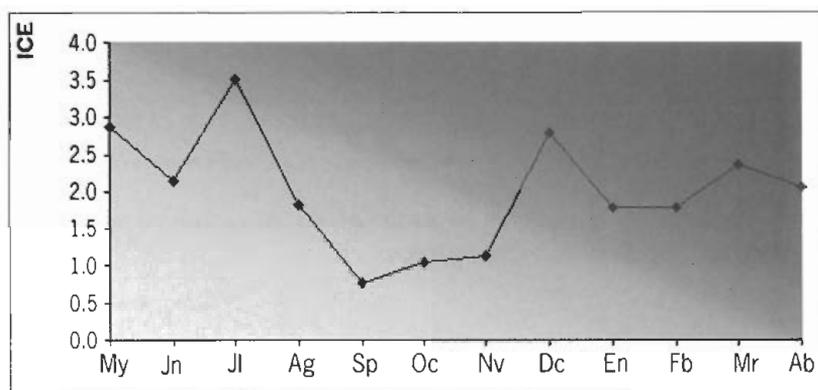


Figura 91. *S. officinalis*. Evolución del índice del complejo espermatofoórico en machos.

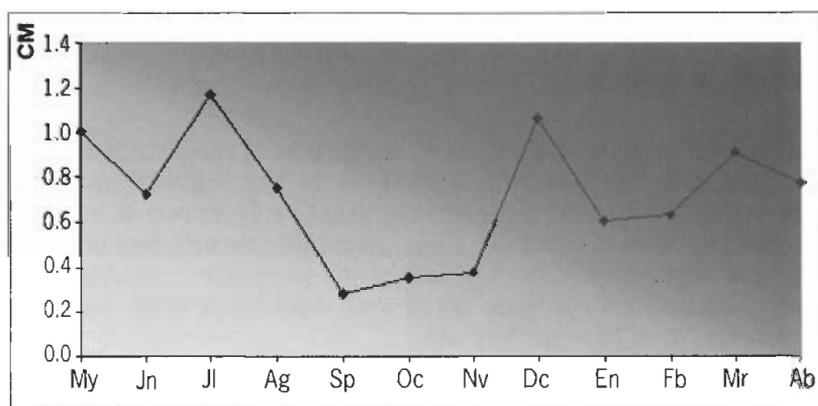


Figura 92. *S. officinalis*. Evolución del coeficiente de madurez en machos.

Si consideramos por separado los machos cuya longitud dorsal del manto está por encima de 15 cm, y los que no lo alcanzan, se observan diferencias entre ambos grupos (Figuras 93, 94 y 95), si bien, los tres índices muestran un patrón prácticamente coincidente dentro de cada una de las clases establecidas.

En ambos grupos el periodo de menor madurez acontece entre agosto y noviembre, si bien, mientras en los machos por debajo de la talla de madurez sexual, de septiembre a noviembre, los índices registran pequeñas variaciones, los machos que superan esta talla, experimentan una subida continuada de los índices, desde agosto a diciembre.

Sea cual sea el grupo considerado, el mes de mayor madurez es julio, detectándose durante el periodo de madurez, picos parciales de magnitud similar en diciembre, marzo y mayo. El mes de menor madurez es agosto en el caso de los machos de talla mayor, mientras que este valor mínimo se registra un mes más tarde en los de menos de 15 cm.

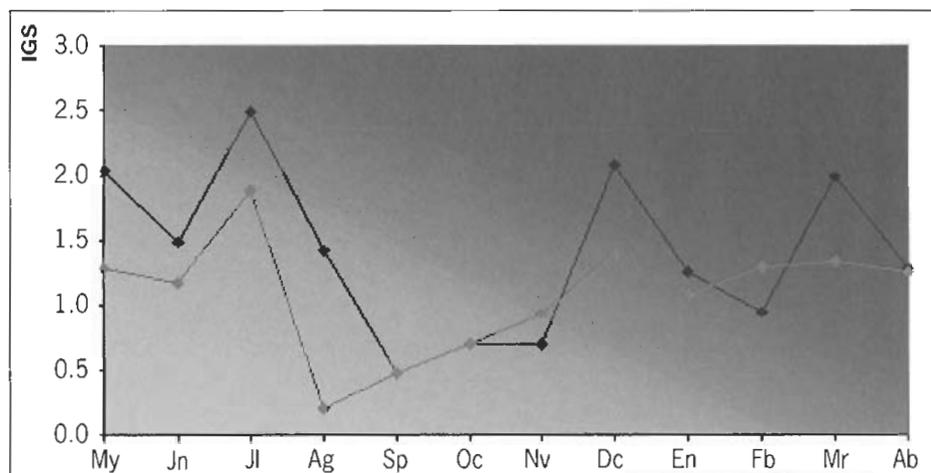


Figura 93. *S. officinalis*. Evolución del índice gonadosomático a lo largo del ciclo. Línea azul: machos inmaduros; Línea roja: machos maduros.

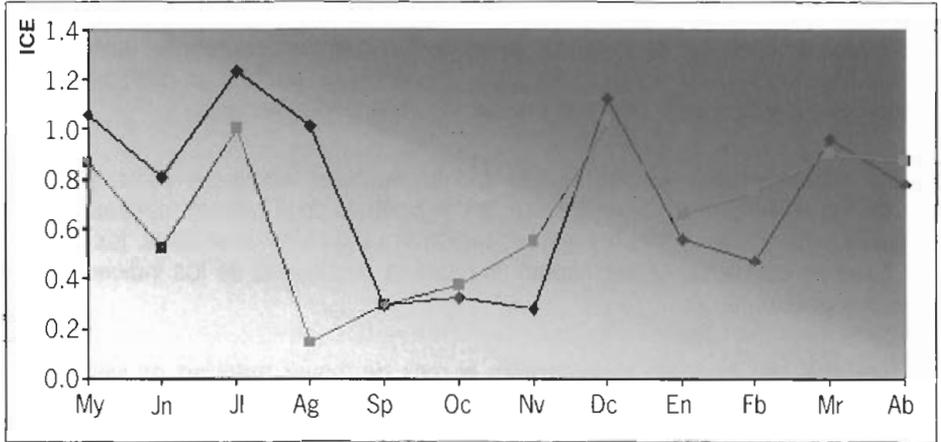


Figura 94. *S.officialis*. Evolución del índice del complejo espermatozóico a lo largo del ciclo. Línea azul: machos inmaduros; Línea roja: machos maduros.

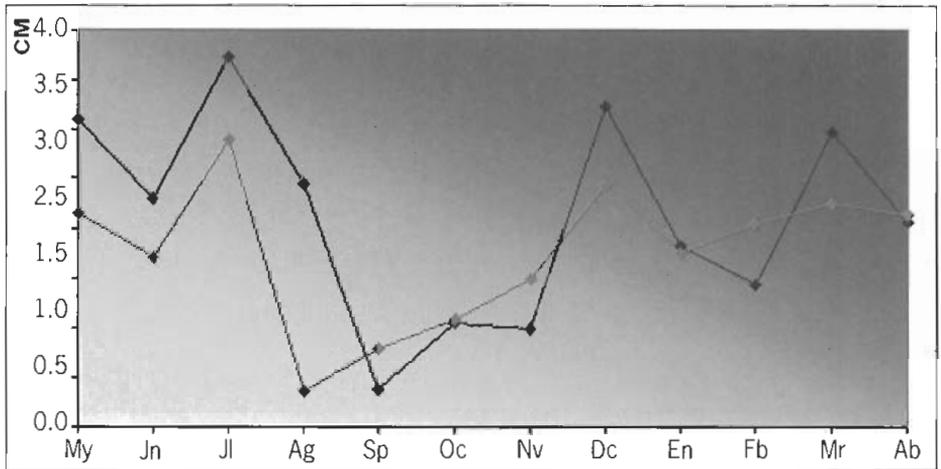


Figura 95 *S. officinalis*: Evolución del coeficiente de madurez a lo largo del ciclo. Línea azul: machos inmaduros; Línea roja: machos maduros.

En hembras son dos los índices considerados, el índice gonadosomático y el coeficiente de madurez, cuyos aumentos vienen reflejados por el incremento de peso, bien del ovario, bien de éste más la glándula del oviducto.

Al igual que en machos, se han establecido tres grupos: hembras totales, hembras cuya longitud dorsal del manto supera los 15 cm, y hembras cuya longitud dorsal es inferior.

El índice gonadosomático en los tres grupos muestra una evolución coincidente, con un importante incremento entre noviembre y diciembre (Figuras 96 y 97). La maduración del ovario, reflejada en un aumento de peso del mismo, se inicia en diciembre, alcanzando su valor máximo en junio. En marzo y abril, se registra un segundo máximo de menor intensidad. Destaca el fuerte descenso entre agosto y septiembre, siendo el valor del índice prácticamente cero desde septiembre a noviembre.

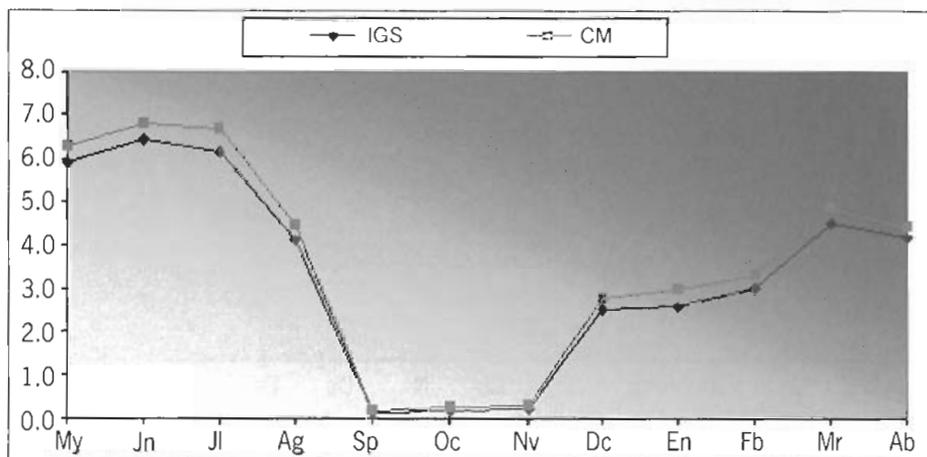


Figura 96. *S. officinalis*. Evolución del índice gonadosomático (IGS) y del coeficiente de madurez (CM) en hembras, a lo largo del ciclo.

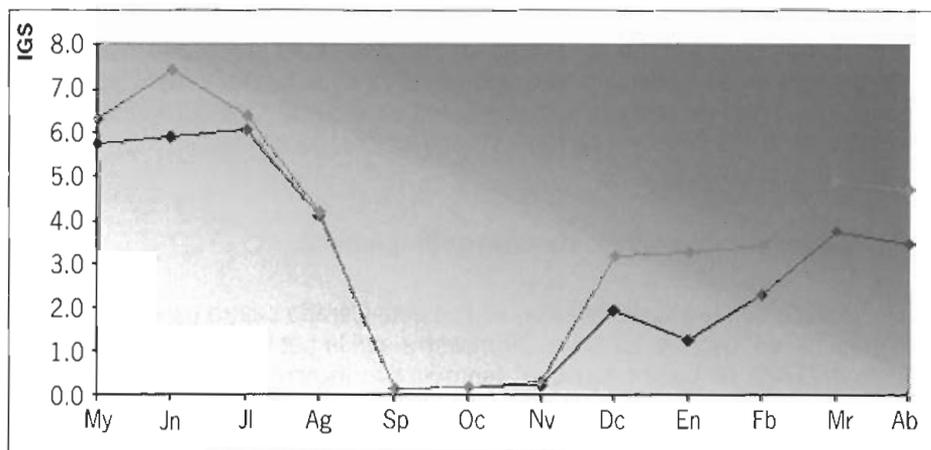


Figura 97. *S. officinalis*. Evolución del índice gonadosomático en hembras: Línea azul: hembras inmaduras; Línea roja: hembras maduras.

El coeficiente de madurez (Figura 98) rinde unos resultados semejantes en los tres grupos, y coincidente con el índice gonadosomático. El descenso más importante tiene lugar entre agosto y septiembre. La única diferencia importante que se aprecia entre los dos grupos de hembras considerados, es que la maduración comienza a decrecer en junio en las hembras de mayor talla, mientras que este descenso se registra un mes más tarde en las hembras inmaduras.

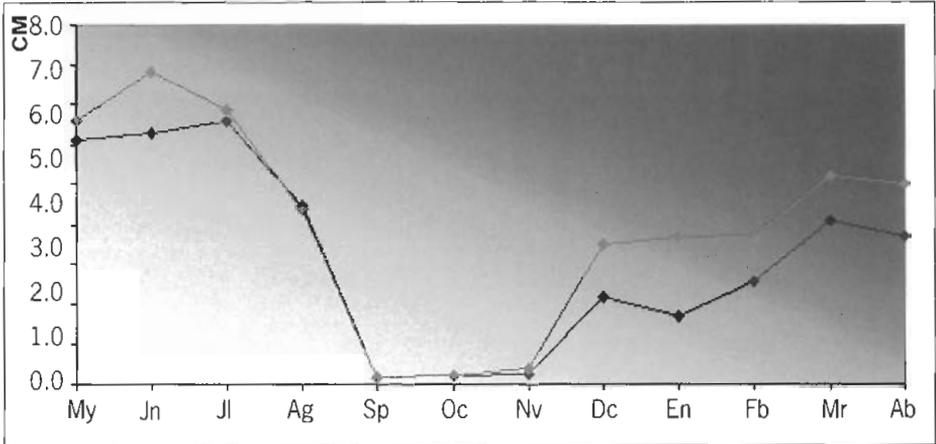


Figura 98. *S. officinalis*: Evolución del coeficiente de madurez en hembras. Línea azul: hembras inmaduras; Línea roja: hembras maduras.

3.4.1.2 Ciclo gametogénico

El estudio del ciclo gametogénico se ha realizado en el mismo grupo de machos y hembras, por separado. En el caso de los machos se ha procesado sistemáticamente una porción de testículo y de ovario, en el caso de las hembras. Dado que el receptáculo seminal de esta especie se localiza en la membrana bucal, cuyo contenido es fácilmente accesible a simple vista, no se precisa el procesamiento histológico de este receptáculo.

A. Estados microscópicos de desarrollo gonadal

De acuerdo con la escala seguida, se han considerado cuatro estados de desarrollo gonadal, en machos. La figura 99 muestra que la población de machos en su conjunto presenta un comportamiento reproductivo asincrónico ya que es posible encontrar ejemplares en tres, de los cuatro estados descritos, prácticamente en todos los meses del estudio. El estado menos abundante es el de machos con signos de emisión, mientras que los machos totalmente maduros suponen el porcentaje más representado durante todo el ciclo, alcanzando el 100% en marzo. Junio y octubre son los meses con mayor número de machos en puesta, que no superan en ningún caso el 10% del total.

Resultados y Conclusión

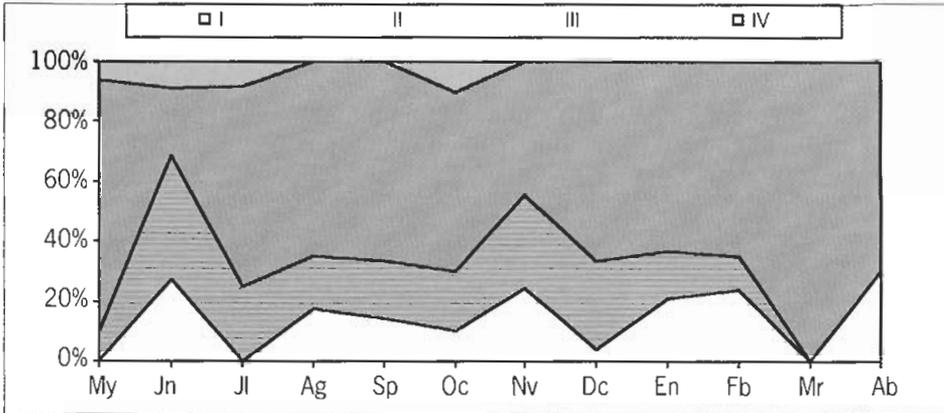


Figura 99. *S. officinalis*. Estados de desarrollo gonadal en machos a lo largo del ciclo.

Con el fin de comprobar si los estados I y II se corresponden con los ejemplares de menor talla, se han procesado los datos considerando machos con una longitud dorsal mayor de 15 cm y machos con longitud inferior. De los resultados obtenidos (Figuras 100 y 101) se desprende que ambos grupos muestran un comportamiento similar, con los valores máximos de puesta en junio y octubre, y con el mayor porcentaje de inmaduros en agosto. De la misma forma, los ejemplares totalmente maduros son los más abundantes en los dos grupos considerados.

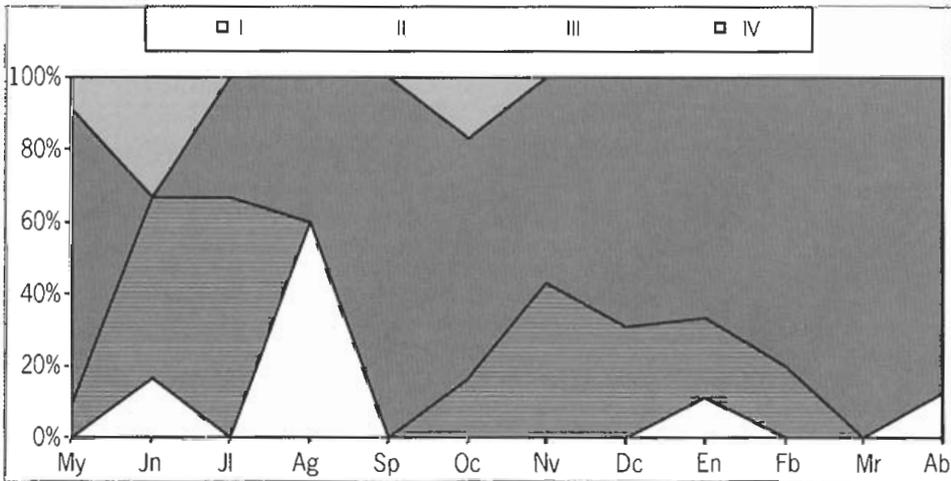


Figura 100. *S. officinalis*; Estados de desarrollo gonadal en machos inmaduros.

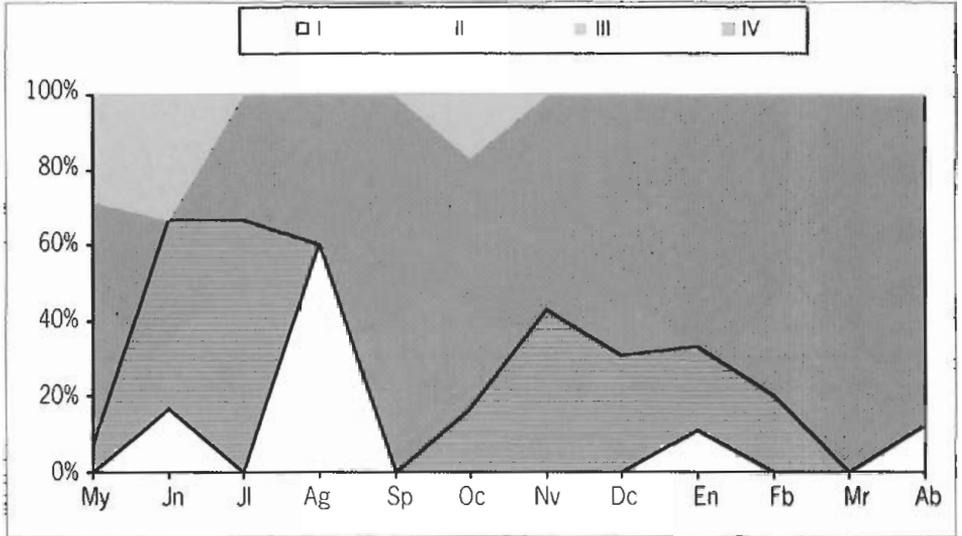


Figura 101. *S. officinalis*. Estados de desarrollo gonadal en machos maduros.

Si atendemos a las hembras en su conjunto (Figura 102), éstas también presentan un ciclo asincrónico, aunque en este caso el estado que alcanza porcentajes más elevados es el de puesta, con dos valores máximos, uno en marzo y otro en julio. Es posible encontrar hembras inmaduras en la mayoría de los meses analizados, sin que exista un mes en el que éstas experimenten un cambio importante. Las hembras en estado de prepuesta no suponen porcentajes elevados.

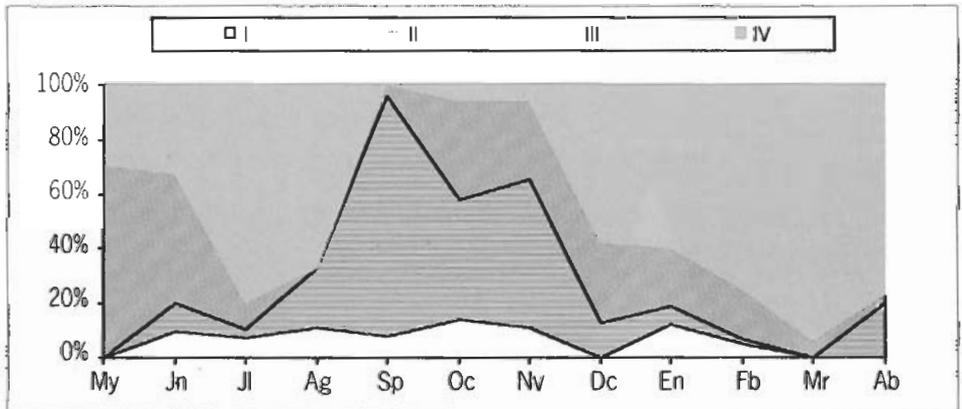


Figura 102. *S. officinalis*. Estados de desarrollo gonadal en hembras a lo largo del ciclo.

Todos estos datos apuntan a que las hembras en su conjunto muestran un ciclo reproductor muy amplio, siendo posible encontrar ejemplares en puesta en once de los doce meses considerados. El periodo de mayor maduración se sitúa entre marzo y mayo, ya que en estos meses ninguna de las hembras está encuadrada como inmadura. Por contra, entre septiembre y noviembre es cuando aparecen más hembras en estado I y II, que llegan al 91% de la muestra de septiembre. Aunque se detectan puestas en octubre y noviembre, éstas son importantes a partir de diciembre, con dos máximos en los que se ven involucrados el 80% de las hembras de marzo y julio.

Al igual que se ha hecho con machos, se han analizado los datos considerando dos grupos de hembras (Figuras 103 y 104).

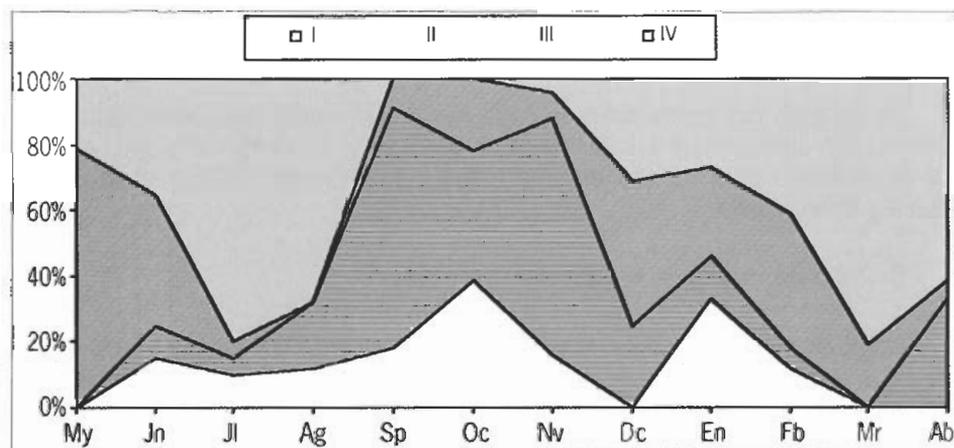


Figura 103. *S. officinalis*. Estados de desarrollo gonadal en hembras inmaduras.

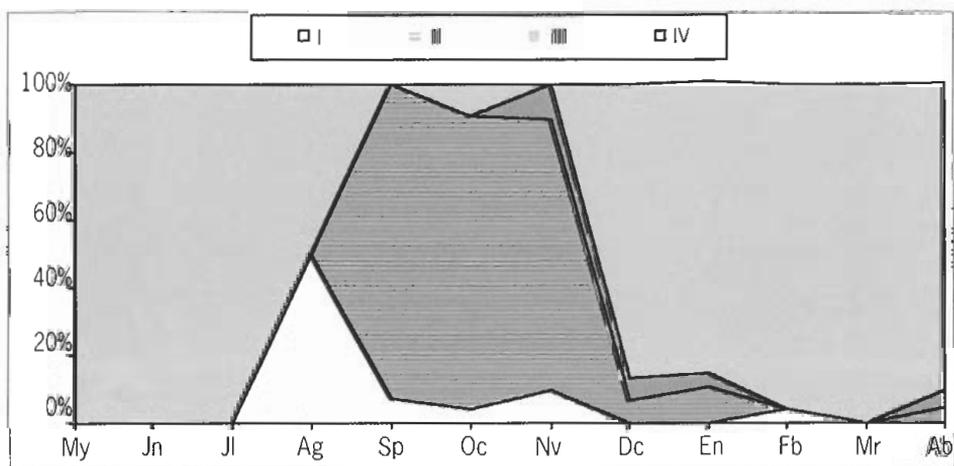


Figura 104. *S. officinalis*. Estados de desarrollo gonadal en hembras maduras.

Las hembras que superan la talla de madurez sexual muestran una menor asincronía que las anteriormente citadas y que las hembras que se sitúan por debajo de esta talla, consecuencia de la gran representación que tienen las hembras en puesta, desde diciembre a agosto.

En diciembre, el 87% de las hembras se encuadran en esta categoría, al que pertenecen el 100% de las hembras de marzo. Tras un ligero descenso en abril, todas las hembras se encuentran poniendo durante el resto de la primavera y hasta julio. En agosto este porcentaje disminuye al 50%, estando el resto de la muestra de este mes inmadura. Desde septiembre a noviembre, al igual que en los grupos anteriores, las hembras en maduración son las más representadas. Aunque como en las otras hembras, los ejemplares en prepuesta son escasas, en el caso de las hembras que superan la talla de madurez sexual este hecho se acentúa, alcanzando el valor máximo en noviembre (10%).

De acuerdo con estos datos, y dado que *S. officinalis* sigue un modelo reproductivo con distintas puestas dentro de un único periodo, en el que la gran mayoría de la población se encuentra en este estado, no deberían capturarse ejemplares desde febrero a julio.

B. Talla de madurez sexual microscópica.

Como en casos anteriores, la talla a la que se alcanza la madurez sexual depende de la estación del año que se considere. Así, en machos en invierno es necesario llegar a los 17 cm y en otoño a los 15 cm, mientras que en primavera y verano el con 13 cm el 50% de la población es madura (Figura 105).

En hembras ocurre algo similar, situándose esta talla en 16 cm en invierno y otoño, en 13 cm en verano y en 14 cm en primavera (Figura 106).

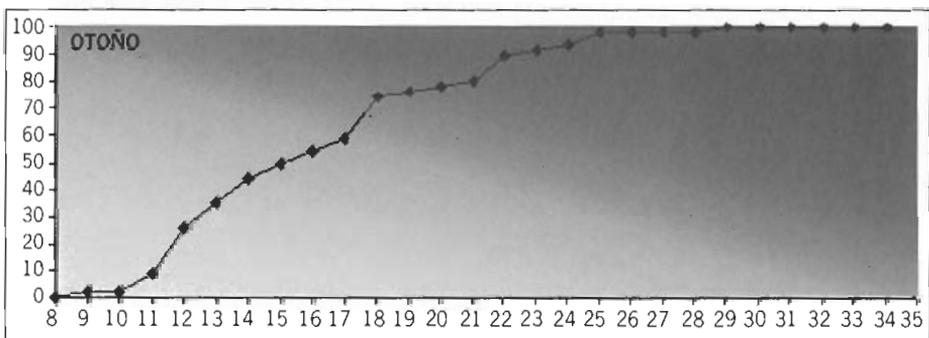
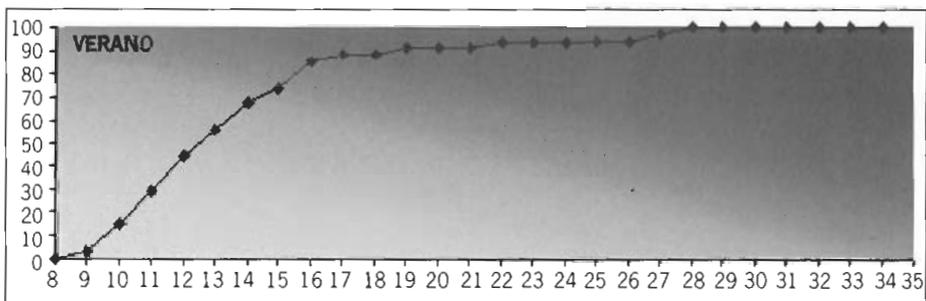
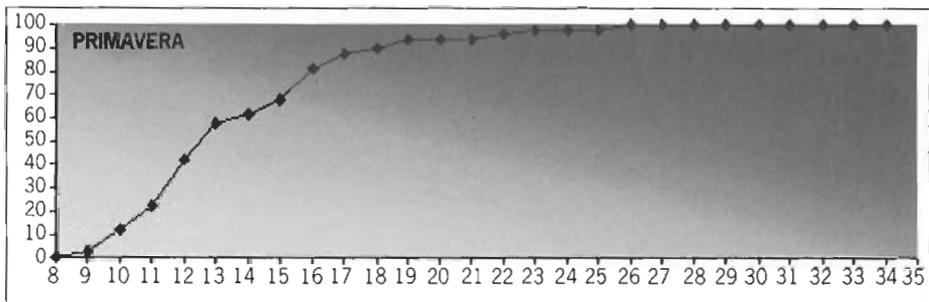
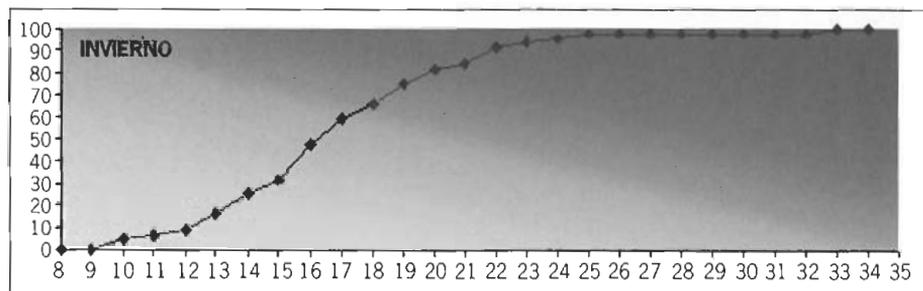


Figura 105. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en machos de acuerdo con la escala microscópica en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en cm.

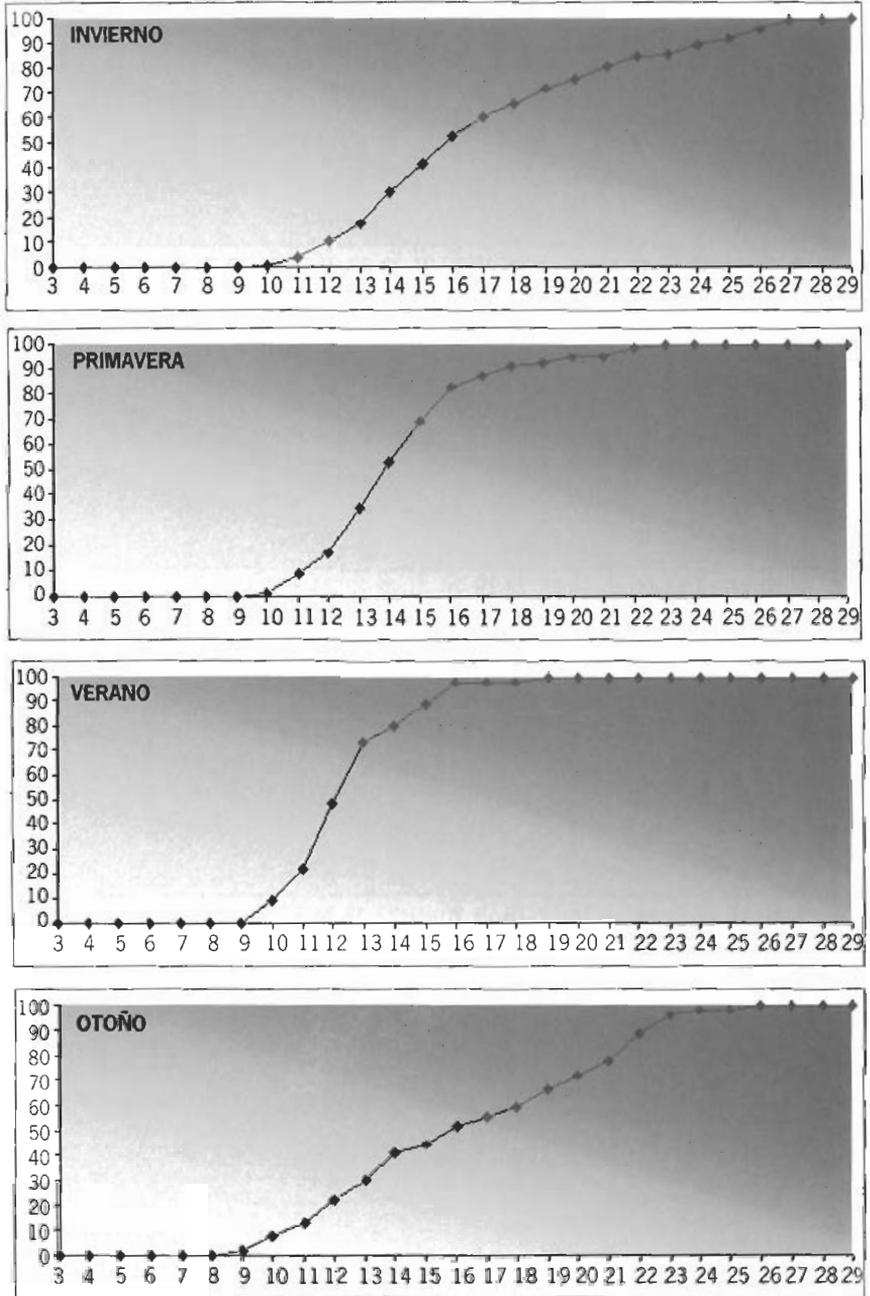


Figura 106. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual en hembras de acuerdo con la escala microscópica en las distintas estaciones. En ordenadas se representa la frecuencia acumulada de los estados III y IV; en abscisas, la longitud dorsal del manto en cm.

Como las tallas son variables, no siempre uno de los sexos madura antes, y el periodo de madurez es muy amplio, se ha decidido analizar los datos microscópicos, sin hacer la distinción de estaciones (Figura 107).

Los resultados obtenidos indican que los machos alcanzan la madurez sexual a los 14 cm de longitud dorsal (50 %), mientras que las hembras la alcanzan con 15 cm (56,8%). Con 15 cm, existe el mismo porcentaje de machos que de hembras maduros.

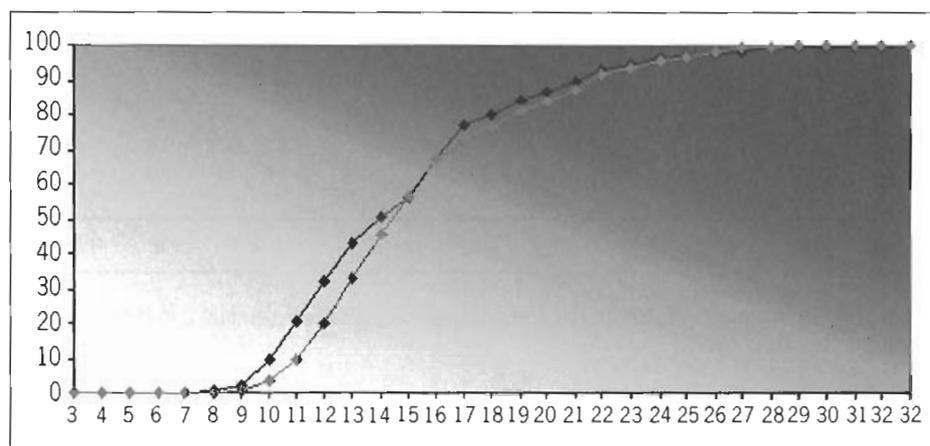


Figura 107. *S. officinalis*. Talla de madurez sexual de acuerdo con la escala microscópica. Línea azul: machos; Línea roja: hembras.

De acuerdo con estos datos, la talla de madurez sexual y la talla mínima de captura de esta población se establece en 15 cm de LDM.

C. Contenido del receptáculo seminal

Las hembras de *S. officinalis* tienen la capacidad de aparearse y almacenar las espermatangias de distintos machos. Se ha realizado un seguimiento del contenido del receptáculo seminal, con el fin de detectar si existe un momento en que se puedan producir mayor número de fecundaciones. Se trata también de comprobar si el acoplamiento es independiente del estado de madurez de la hembra.

De acuerdo con la Figura 108, desde septiembre a noviembre todas las hembras presentan el receptáculo vacío, lo que nos indica que posiblemente en estos meses no se producen acoplamientos. A partir de diciembre aparecen ejemplares con esperma, que alcanzan su valor máximo en marzo y mayo. Destaca el fuerte descenso del porcentaje de hembras con el receptáculo lleno entre agosto y septiembre, lo que parece indicar que el ciclo de puesta acaba en este mes.

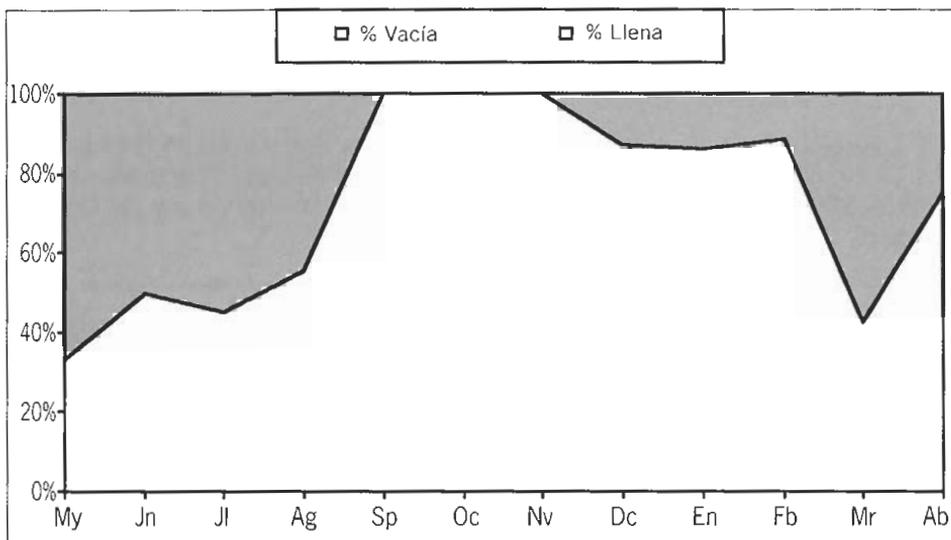


Figura 108 *S. officinalis*. Evolución del contenido del receptáculo seminal a lo largo del ciclo.

Se ha realizado un seguimiento del contenido del receptáculo seminal de acuerdo con los estados macroscópicos y microscópicos. Según los primeros, no se producen acoplamientos con hembras en estado I y II (Figura 109); sin embargo, los datos microscópicos (Figura 110) indican que la cópula se produce independientemente del desarrollo en que esté el ovario, ya que se han encontrado espermatozoides en el receptáculo seminal de hembras catalogadas como I y II. Cuanto más avanzado es el estado de madurez del ovario (III y IV), aumenta el porcentaje de hembras con el receptáculo lleno, esto puede guardar relación con la longevidad de los ejemplares y, por tanto, han tenido más posibilidad de acoplamiento.

Lo que si parece determinante es el periodo en el que se encuentran los receptáculos llenos, que en el caso del estado de puesta es de diciembre a agosto, ambos inclusive, quedando reducido en los restantes estados de mayo a julio. De septiembre a diciembre no se observan hembras con esperma en el receptáculo, lo que nos indica que durante estos meses no se producen acoplamientos, por tanto, agosto es posiblemente el final de un ciclo de puestas.

Si atendemos a los datos microscópicos los mayores porcentajes de receptáculos llenos tienen lugar en marzo, junio y agosto.

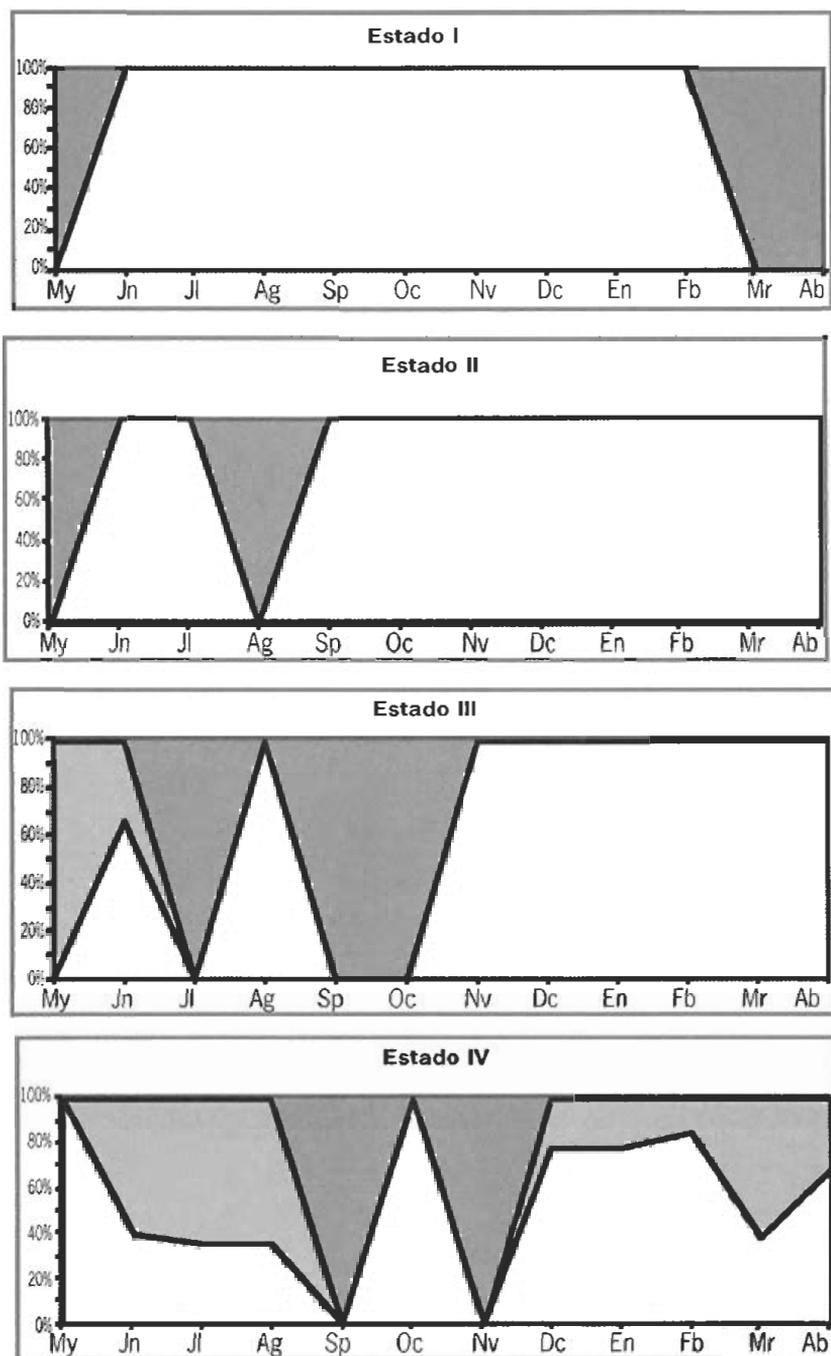


Figura 109. *S. officinalis*. Evolución del contenido del receptáculo seminal de acuerdo con el estado macroscópico de desarrollo de la gónada. Área blanca: vacíos; Área azul: llenas; En gris: los meses en los que no existen hembras en cada uno de los estados.

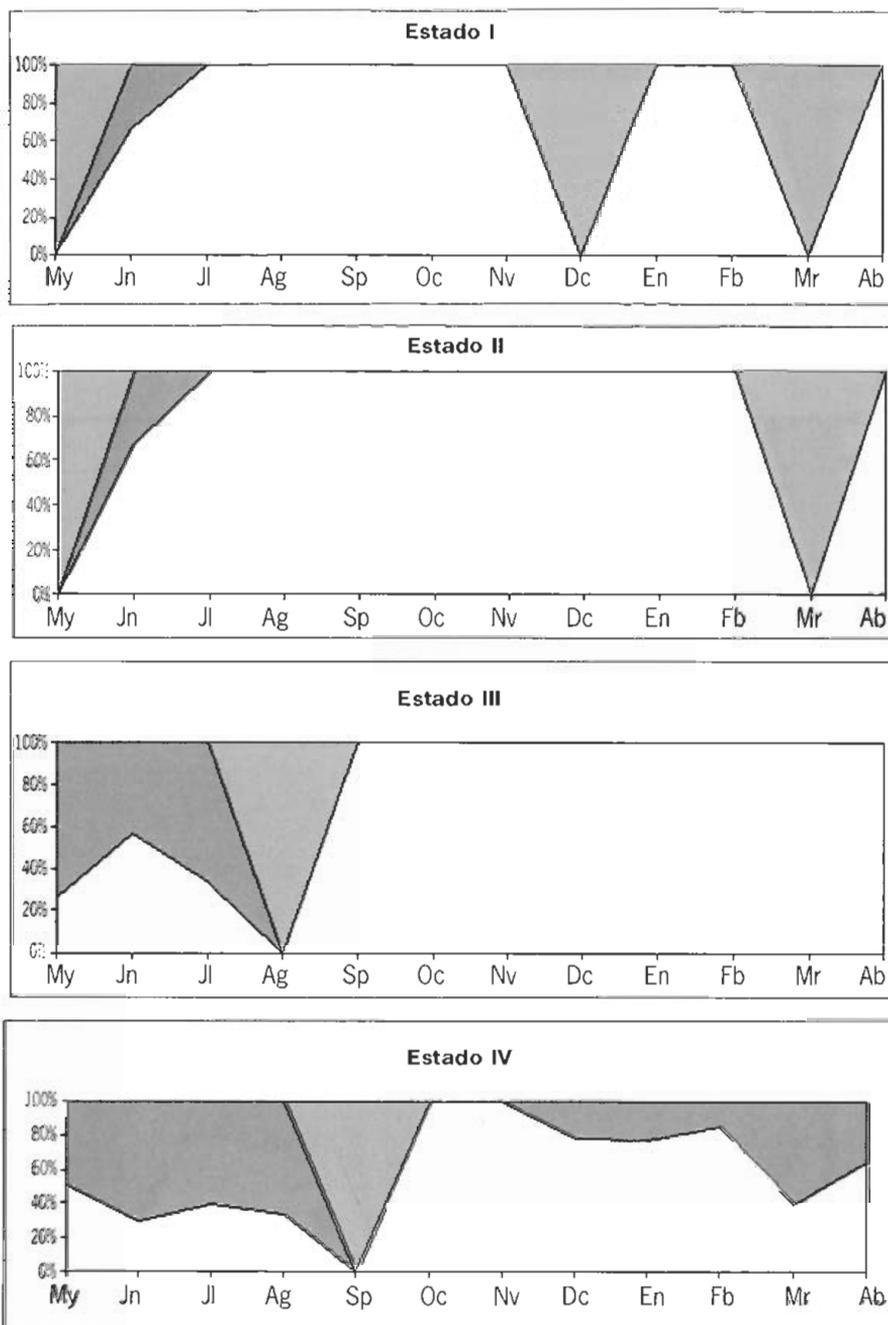


Figura 110. *S. officinalis*. Evolución del contenido del receptáculo seminal de acuerdo con el estado microscópico de desarrollo de la gónada. Área blanca: vacíos; Área azul: llenas; En gris: los meses en los que no existen hembras en cada uno de los estados.

3.4.2 CONCLUSIÓN

Si comparamos la escala macroscópica y microscópica en machos la principal diferencia entre ambas radica en que la segunda de ellas detecta machos con signos de vaciado del testículo, que no son apreciados en la escala macroscópica; no obstante, según la escala microscópica, sólo se observa este hecho desde mayo a julio y algo en octubre, aunque los datos del contenido del receptáculo seminal indican un periodo de copulación más prolongado. Esto parece indicar que microscópicamente sólo se detectan aquellos individuos que se encuentran en una fase final de su periodo reproductivo y han sido analizados en momentos posteriores a la transferencia de esperma al complejo espermatofórico o bien a las hembras. No se ha capturado ningún ejemplar con el complejo sin espermatozoides y con el testículo flácido, que son las características que definen la postemisión. De acuerdo con ambas escalas, el estado III es el más abundante en la población.

La similitud a grandes rasgos de los resultados de ambas escalas tienen como consecuencia que la talla de madurez sexual establecido para el grupo de machos sea la misma, sea cual sea la escala tomada como referencia.

En relación con los resultados aportados por ambas escalas en las hembras, ambas coinciden en situar los máximos de puesta en marzo y julio, y el periodo de menor madurez de septiembre a noviembre. Mientras los resultados microscópicos detectan más ejemplares en maduración que los macroscópicos, ésta última sobrepasa los ejemplares en puesta. Independientemente de la escala, el hecho de que ambas reconozcan por igual los grandes grupos de maduros e inmaduros lleva a que la talla de madurez sexual conseguida de acuerdo con cualquiera de ellas sea la misma.

Cabe destacar, que si bien los machos alcanzan la madurez sexual con una talla algo inferior a la de las hembras, no existe una evolución tan clara en el comportamiento de estas curvas como para considerar que tienen una maduración distinta.

Si consideramos los datos de los estados de madurez, el periodo en el que no se deberían capturar ejemplares en esta población sería muy amplio; sin embargo, si atendemos a los índices de condición, se observa que éstos alcanzan su valor máximo en junio, con un descenso en julio que coincide con un incremento de las hembras en puesta y con un menor porcentaje de hembras con receptáculo lleno. Entre julio y agosto, el descenso del índice es más intenso, pero éste no está totalmente relacionado con la puesta, ya que aumenta el porcentaje de ejemplares en maduración.

En marzo y abril los porcentajes de puesta son elevados, aunque los valores del índice son inferiores a los registrados en los meses posteriores.

Por tanto, en la siguiente tabla se resumen varias alternativas a considerar en la regulación de la pesquería de esta población de choco:

Opciones	Mes	Talla (cm)
Principal	Julio	15
1ª alternativa	Abril	15
2ª alternativa	Marzo	15

4. BIBLIOGRAFÍA

- Adamo, S.A. & Hanlon, R.T. (1996). Do cuttlefish (Cephalopoda) signal their intentions to conspecifics during agonistic encounters? *Anim. Behav.*, 52: 73-81.
- Avila, P. & Muñoz, J L (2000). Estudio de la reproducción del pulpo de roca (*Octopus vulgaris*) en el litoral andaluz. Informe técnico de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía: 125 pp.
- Bakhayokho, M.(1983). Biology of the cuttlefish *Sepia officinalis hierredda* of the Sengalese coast. In Caddy, J.F. (Eds), *Advances in Assesment of World Cephalopod Resource*. FAO. Fish. Tech. Paper 231, pp. 204-263.
- Boletzky, S. V. (1969). Zum Vergleich der Ontogenesen von *Octopus vulgaris*, *O. joubini* und *O. briareus*. *Revue suisse de Zoologie*, 76: 716-726.
- Boletzky, S. V. (1975). The reproductive cycle or Sepiolidae (Mollusca, Cephalopoda). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*,. 39 *Suppl*: 84-95.
- Boletzky, S. V. (1981). Réflexions sur les stratégies de reproduction chez les Céphalopodes. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 106: 293-304.
- Boletzky, S. V. (1987). Fecundity variation in relation to intermittent or chronic spawning in the cuttlefish, *Sepia officinalis* L.(Mollusca, Cephalopoda). *Bull. Mar. Sci.*, 40: 382-387.
- Boletzky, S. V. & Hanlon, R. T.(1983). A review of the laboratory maintenance, rearing and culture of cephalopod molluscs. *Memoirs of the National Museum of Victoria*, 44:147-187.
- Borges, T.C, Erzini, K., Gama, I., Gonçalves, I. A., Pereira, A., Raposo, C., Sendão, J. C, Ramos, F., Silva, L., Sobrino, I. (2000). Cephalopod Resources Dynamics and Fisheries Trends in the Algarve. Final Report to the European Commision DG Fisheries. 239 pp.
- Boyle, P.R. (Ed.), 1983. Cephalopod life cycles. Vol.I. Species Account. Academic Press: 475 p.
- Cano, N. & Gil, J. (1984). Campaña hidrológica "Alborán 78". *Bol. Instituto Español de Oceanografía*, 1 (2): 114-125.
- Dia, M. A.(1988). Biologie et exploitation du pulpe *Octopus vulgaris* Cuvier 1791 des cotes Mauritanienes. *These Prrésentée à L'Université de Bretagne Occidentale pur l'Obtention du Doctorar de 3ème Cycle; Spécialité d'Océanograpjie*, Mention en Biologie, 20 Décembre: 165 pp.

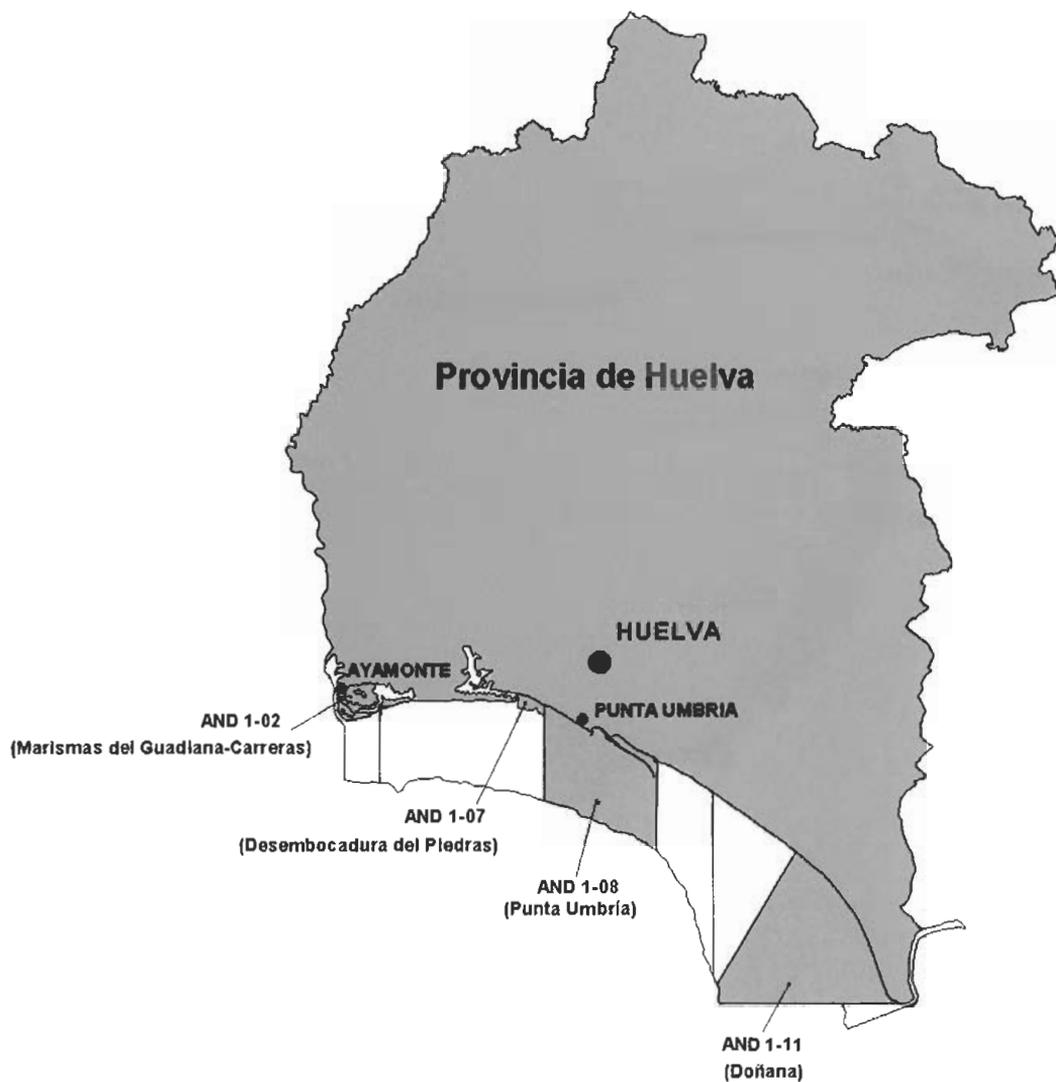
- Dia, M.A., & Goutschine, A.(1990). Échelle de maturité sexuelle du poulpe (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) des eaux mauritaniennes. *Bull. Cent. Natl. Rech. Oceanogr. Peches (Mauritania)*, 21: 1-6.
- Ezzeddine-Najai, S. (1997). Sexual maturation in *Eledone moschata* (Cephalopoda, Octopa) from the gulf of Gabes (Tunisia, eastern Mediterranean). *Vie Milieu*, 47 (1): 69-76.
- Fernandez-Nuñez, M.M. & Balguerías, E. & Raya, C.P. & Hernandez-Gonzalez, C.L. (1996). Reproductive Biology of Octopus, (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) from North Western African Coast (21°N-26°N). Shellfish Comittee C.M. 1996/K:15.
- Gabr, H.R. & Hanlon, R.S. & Hanafy, M.H. & El-Etreby, S.G. (1998). Maturation, fecundity and seasonality of reproduction of two commercially valuable cuttlefish, *Sepia pharaonis* and *S. dollfusi*, in the Suez Canal. *Fisheries Research*, 36: 99-115.
- Gauvrit, E., Le Goff, R., Daguzan, J. (1997) Reproductive cycle of teh cuttlefish, *Sepia officinalis* (L.) in the northern part of the Bay of Biscay. *J. MOLL. Stud.*, 63 (1): 19-28.
- Guerra, A. (1975). Determinación de las diferentes fases de madurez del desarrollo sexual de *Octopus vulgaris* mediante un índice de madurez. *Investigación Pesquera*, 39 (2): 397-416.
- Guerra, A. (1978). Sobre la alimentación y comportamiento alimentario de *Octopus vulgaris*. *Investigación Pesquera*, 42(2): 351-364.
- Guerra, A (1979). Estructura de la población de *Octopus vulgaris* del Atlántico Centro-oriental (26°10'N-23°30'N). Working group for the evaluation of cephalopod stocks of CECAF. Tenerife (mimeo).
- Guerra, A. & Castro, B.G. (1988). On the life of *Sepia officinalis* (Cephalopoda, Sepioidea) in the Ria de Vigo (NW Spain). *Cah. Biol. Mar.* 29: 395-405.
- Guerra, A. (1987). La reproducción en los Móluscos Cefalópodos. En: Reproducción en Acuicultura, vol. 1, E. de los Monteros y Labarta, U.(Eds), CAICYT. Madrid, pp.: 185-216.
- Guerra, A. (1992). Mollusca, Cephalopoda. En: Fauna Ibérica, vol. 1, Ramos, M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid. 327 p., 12 h. lám.
- Gutiérrez, M. (1967). Coloración histológica para ovarios de peces, crustáceos y moluscos. *Inv. Pesq.*, 31 (2): 265-271.

- Gutiérrez Mas, J.M. (1992). «Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental y Bahía de Cádiz». Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Cádiz.
- Hanlon, R.T. & Messenger, J.B. (1996). Cephalopod behaviour. Ed. Cambridge University Press.pp.332.
- Hanlon, R. T. & Ament, S. A. & Gabr, H. (1999). Behavioral aspects of sperm competition in cuttlefish, *Sepia officinalis* (Sepioidea: Cephalopoda). *Marine Biology* 134: 719-728.
- Harman, R.F. & Young, R.E. & Mangold, K.M. & Suzuki, T. & Hixon, R.F. (1989). Evidences for multiple spawning in the tropical oceanic squid *Sthenoteuthis onalaniensis* (Tuthoidea: ommastrephidae). *Mar. Biol.* 101: 513-519.
- Hernández, V.& Bas, C (1993). Análisis de la evolución de las tallas de los cefalópodos explotados en la costa del Sahara (división 34.1.3 de CECAF) entre los periodos 1967-1970 y 1989-1990. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 9 (1): 215-225.
- Ikeda, I. & H., Hatanaka (1971). Quelques observations sur *Octopus vulgaris* Cuvier au large de la côte nord-ouest de l'Afrique. *FAO Fish. Rep.*, anexo 10: 100-104.
- Juanico, M. (1983). Squid maturity scales for population analysis. In: Caddy, J.F. (Ed.), *Advances in Assessment of World Cephalopod Resources: FAO Fish. Tech. Paper*, 231: 341-378.
- Le Goff, R. & Daguzan, J. (1991). Growth and life cycle of the cuttlefish *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda) in South Brittany (France). *Bulletin of Marine Sciences*, 49: 341-348.
- Lemaire, J. & Richard, A. (1970). Evolution embryonnaire de l'appareil génital: différenciation du sexe chez *Sepia officinalis* L. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 95: 475-478.
- Lipinski, M.R.(1979). Universal maturity scale for the commercially important squids (Cephalopoda:Teuthoidea). The results of maturity classification of *Illex illecebrosus*(LE SEUR, 1821) populations for the years 1973-1977.- ICNAF Research Documents. 79/II/38.
- Mangold-Wirz, K., (1963). Biologie des Cephalopodes benthiques et nectoniques de la Mer Catalane. *Vie Milieu*, 13: 1-285.
- Mangold, K. (1966). *Sepia officinalis* de la mer Catalane. *Vie et Milieu*, 17: 961-1012.
- Mangold, K. (1987). Reproduction. In: Boyle PR (ed) *Cephalopod life cycles*, vol. 2. Academic, London, pp 157-200.

- Mangold, K, & Young, R.E., & Nixon, M.(1993). Growth versus Maturation in Cephalopods. In: Recent advances in fisheries biology, edited by T. Okutani, R.K. O'Dor and T. Kubodera. Tokai. University Press. Tokyo. pp. 697-703.
- McGowan, J.A. (1954). Observations on the sexual behaviour and spawning of the squid, *Loligo opalescens*, at La Jolla. California. Calif. *Fish and Game*,. 40: 47-54.
- Muñoz, J.L. & A. Sánchez de Lamadrid. (1994). El medio físico y biológico en la Bahía de Cádiz: Saco Interior. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 161 pp.
- Muñoz, J.L. (1998). La Pesca Artesanal en el Puerto de Conil. Informe Interno. CICEM El Toruño. 238 pp.
- Purchon, R. D. (1977). The biology of the mollusca. Second. 2ª Edition. Vol. 57. G. A. Kerkut (Ed.). Purchon. Pergamon Press. 560 pp.
- Quetglas, A. (1998). Biology and fishery of *Octopus vulgaris* Cuvier, caught by trawlers in Mallorca (Balearic Sea, Western Mediterranean). *Fisheries Research*, 36: 237-249.
- Raymont, J. E. G. (1955). The fauna of an intertidal mud flat. *Papera in marine biology an oceanography*, 178-203.
- Richard, A. (1967). Rôle de la photopériode dans le déterminisme de la maturation génitale femelle de *Sepia officinalis*. *Comptes Rendus d'Académie des Sciences de Paris*, 264 (D): 1315-1318.
- Richard, A. (1971). Contribution à étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* L (Mollusque Céphalopode). Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université de Lille, France, 264 p.
- Richard, A. & Lemaire, J. (1.975). Détermination et différenciation sexuelle chez la seiche *Sepia officinalis* L.(Mollusque Céphalopode). *Publ.Staz.Zool.Napoli*,39 *Suppl.*: 574-594.
- Rocha, F. & Guerra, A. (1996). Signs of an extended and intermittent terminal spawning in the squid *Loligo vulgaris* Lamarck and *Loligo forbesi* Steenstrup (Cephalopoda: Loliginidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 207: 177-189.
- Rocha, F. & Guerra, A. & González, A.F. (2001). A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biol. Rev.*, 76: 291-304. Cambridge Philosophical Society.

- Sánchez, P., & Martín, P.(1993). Population dynamics of the exploited cephalopod species of the Catalan Sea (NW Mediterranean), *Sci. Mar.*, 57 (2-3): 153-159.
- Sánchez, P., & Obarti, R.(1993). The Biology and Fishery of *Octopus vulgaris* caught with clay pots on the Spanish Mediterranean Coast. In: Okutani, T.,R.K. O'Dor, T. Kubodera (Eds.), *Recent Advances in Fisheries Biology*. Tokai University Press, Tokyo., pp. 477-487.
- Silva, L. (1998). Fishing exploitation pattern of the common octopus, *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, in the spanish waters of the gulf of Cádiz. ICES division Ixa. Working document presented to the ICES Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History. Kiel (Germany), 15-17 April 1998.
- Silva, L, Ramos, F & Sobrino, I (2000). Biología reproductiva de *Eledone moschata* (Cephalopoda, Octopodidae) en aguas españolas del Golfo de Cádiz. Tercer Simposio sobre el Margen Ibérico Atlántico. Septiembre, 2000.
- Snyder, D.E. (1985). Fish eggs and larvae.pp. 165-197. In: L.A. Nielsen, D.L. Johnson and S.S Lampton(eds). *Fisheries techniques*. American Fisheries Society Bethesda, Maryland.
- Tirado, C. & Rodríguez de la Rúa, A. (2.002). "Estudio de la reproducción y crecimiento de bivalvos y cefalópodos del litoral andaluz". Informe técnico de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía: 393 pp.
- Voss, G. L. (1983) A review of cephalopod fisheries biology. *Mem. Natl. Mus. Victoria* , 44: 229-241
- Wells, M.J & Wells, J. (1959). Hormonal control of sexual maturity in *Octopus*. *Journal of Experimental Biology*, 36: 1-33.
- Wells, M. J. & Wells, J. (1975). Optic gland implants and their effects on the gonads of *Octopus*. *J. Exp. Biol.*, 62: 579-588.
- Wells, M.J., & Wells, J.(1977). Cephalopoda: Octopoda. En: *Reproduction of Marine Invertebrates*. Vol. 4. GIESE y PEARSE (Eds.). Academic Press: 291-336.

5. ANEXO



Zonas de producción muestreadas en la provincia de Huelva





Zonas de producción muestreadas en la provincia de Málaga

AGRICULTURA



GANADERÍA



PESCA Y ACUICULTURA



POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIA



FORMACIÓN AGRARIA



CONGRESOS Y JORNADAS



R.A.E.A.



ISBN 8484740994



9 788484 740995

P.V.P.: 12€



JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Agricultura y Pesca