

**Estudio de la biología y ecología de *Scyllarides latus*
en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del
Archipiélago de Cabrera. Implicaciones para la gestión
de la especie en las Islas Baleares**



PROYECTO "LATUS 2006 - 2009"

**Olga Reñones, Josep Coll, David Díaz, Gabriel Morey, Sergi Martino,
Oliver Navarro, Ben Stobart, Salud Deudero y Antoni M. Grau**



Citar como: Reñones O., Coll J., Díaz D., Morey G., Martino S., Navarro O., Stobart B., Deudero S. y Grau A.M. 2010. Estudio de la biología y ecología de *Scyllarides latus* en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera. Implicaciones para la gestión de la especie en las Islas Baleares. Proyecto "LATUS 2006-2009". COB-IEO, 61 pp.

RESUMEN

El proyecto “Latus 2006 – 2009” desarrollado en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera ha tenido como objetivo estudiar los distintos aspectos de la biología y ecología de *Scyllarides latus* necesarios para diseñar medidas de gestión específicas que aseguren la recuperación y conservación de la especie. En concreto se ha identificado la dinámica de la población (abundancia y demografía), los hábitats preferenciales y la movilidad/ fidelidad de la especie. Asimismo se ha determinado el ciclo reproductor y se ha realizado una primera aproximación al conocimiento del patrón de crecimiento en el medio natural.

Para la consecución de estos objetivos se han aplicado técnicas de evaluación directa (censos visuales en inmersión) y técnicas de marcado-recaptura clásicas. El estudio se ha llevado a cabo en hábitats rocosos entre 0 y 50 m de profundidad en 15 zonas del PN.

Durante los cuatro años de duración del estudio se han marcado 306 ejemplares recapturándose 48 (27 machos y 21 hembras), con un tiempo en libertad comprendido entre 4 y 1063 días. El rango de tallas de las recapturas ha estado comprendido entre 94 y 129 mm de LC en machos y entre 100 y 140 mm LC en hembras. **La tasa de recaptura total ha sido del 18%.**

Scyllarides latus se reproduce en aguas de Baleares desde mediados de primavera a mediados de verano. El ciclo reproductor es asincrónico a nivel de población (no todas las hembras están receptivas al mismo tiempo durante un mismo ciclo anual). El apareamiento tiene lugar principalmente en mayo, iniciándose la eclosión de la puesta a principios de julio después de un periodo de incubación de aproximadamente 1 mes. **Las hembras alcanzan la madurez sexual a 98 mm de longitud de cefalotórax a partir de 6 años de edad**, lo que evidencia su vulnerabilidad a la explotación.

Los experimentos de marcado y recaptura han proporcionado los primeros datos para estudiar el crecimiento y longevidad de la especie en el medio natural. El análisis de estos datos indica que ***S. latus es una especie de crecimiento lento que puede llegar a vivir entre 20 y 25 años.***

S. latus se distribuye en los cuatro tipos de hábitats rocosos considerados en el estudio (cuevas, bloques, paredes y talud) a profundidades menores de 35 m, presentando **preferencia por cuevas entre 5 y 20 m.**

La población presenta una marcada estacionalidad: la densidad aumenta de forma progresiva en invierno, alcanza el máximo a finales de primavera y disminuye drásticamente a mediados de verano a valores próximos a 0. Así, **en primavera la densidad de *S. latus* es del orden de 5 a 15 veces superior a la observada en otras épocas del año.** Estas variaciones estacionales están ligadas a un cambio de comportamiento y/o distribución en relación con el ciclo reproductor. La maduración final de la gónada, el apareamiento y la incubación tendrían lugar en la zona litoral entre 0 y 35 m de profundidad, realizándose la maduración final y liberación de la puesta a profundidades o hábitats distintos a los estudiados. Por tanto **los hábitats rocosos superficiales son hábitats de reproducción** de la especie en los que tiene lugar el apareamiento y maduración de la puesta.

Existen diferencias interanuales en el ciclo de abundancia, debidas probablemente tanto a diferencias en el régimen térmico anual como a diferencias en el momento en el que se han llevado a cabo los muestreos.

La especie presenta **dimorfismo sexual en talla, alcanzando las hembras una talla máxima mayor que los machos**. Existen **diferencias espaciales en la estructura demográfica** de la población. En las zonas localizadas en el extremo norte y sur del archipiélago y en las orientadas a levante la población presenta una talla media y modal menor que en las zonas orientadas a poniente. Estas diferencias pueden deberse a diferencias espaciales en la tasa de reclutamiento, pero también pueden ser debidas a un menor grado de cumplimiento de la normativa del PN en estas zonas más alejadas del puerto.

Durante la época de apareamiento e incubación de la puesta **existen diferencias en comportamiento y utilización del hábitat entre ambos sexos**. Las hembras presentan un comportamiento críptico encontrándose preferentemente en grietas horizontales o cavidades, mientras que los machos, más activos durante el día, tienden a formar grupos fuera de los refugios. Esta distribución agregada en zonas someras durante la época de máxima abundancia acentúa la vulnerabilidad de la especie frente a la captura ilegal en apnea o con escafandra autónoma.

Los experimentos de marcado y recaptura han puesto de manifiesto que la especie presenta una **gran fidelidad a pequeña escala espacial** (<0,05 km²) y por el tipo de hábitat, no habiéndose recapturado ningún ejemplar en una zona distinta a la zona de captura.

En base a los datos de recaptura y a los cambios estacionales en densidad, se plantean dos hipótesis: la primera postula que esta especie presenta una movilidad espacial muy reducida, y de finales de verano a principios de primavera los individuos siguen en la zona presentando un comportamiento más críptico que los hace difícilmente asequibles al método de estudio. La segunda supone que después de la reproducción los individuos abandonan los hábitats rocosos de la zona litoral, migrando a mayor profundidad o distribuyéndose en otro tipo de hábitats, pero regresando anualmente a la misma zona en la que tiene lugar la reproducción. Para evaluar estas hipótesis se requieren estudios específicos.

Scyllarides latus está incluida en el ANEXO III "especies cuya explotación se ha de regular" del protocolo sobre las zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo (Convenio de Barcelona).

Las medidas de gestión actuales para las aguas de Baleares así como en el PNMTAC establecen un marco legal casi óptimo para la conservación de *S. latus*, al protegerla totalmente durante la época de máxima vulnerabilidad y prohibir su captura en apnea, principal actividad extractiva responsable del estado de sobreexplotación de la especie. Sin embargo el estado actual de las poblaciones de *S. latus* en aguas de Baleares parece indicar un bajo cumplimiento de medidas que llevan casi 10 años establecidas. Además es ampliamente conocida la alta tasa de venta directa, tanto de ejemplares procedentes de la captura comercial como de la captura ilegal.

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se proponen nuevas medidas de regulación y mecanismos de control para mejorar la aplicación de las medidas de gestión actuales.

Para las Islas Baleares se propone:

- Prohibir la captura y comercialización de hembras ovadas de la especie.
- Establecer un sistema de control de los viveros durante el periodo de veda temporal.
- El desarrollo de identificadores específicos no replicables para la captura comercializada en lonja con el fin de minimizar la venta directa.

Para el PNMTAC se propone:

- Prohibir la apnea en el PNMTAC entre el 1 de abril y el 1 de julio a excepción de la zona de Uso Especial Marino de la ensenada del Puerto de Cabrera y Cala de Es Burri.
- La intensificación de la vigilancia, especialmente durante la salida y puesta de sol y en las zonas de Foradada, Imperial y este de la isla grande de Cabrera, para optimizar el cumplimiento de las distintas normativas existentes.
- Establecer un horario hábil para las inmersiones libres en apnea (e.g. de 10:00 a 18:00).
- La intensificación de la vigilancia entre abril y julio para el cumplimiento de la prohibición de la pesca con trasmallo a profundidades menores de 20 m.
- La valoración de las densidades de *S. latus* presentadas en este estudio como indicadores favorables en el diseño de futuras zonas de protección total (reservas integrales) en el PNMTAC.

PROPUESTA DE FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En base a los resultados obtenidos y con el fin de ahondar en el conocimiento de los parámetros biológicos, poblacionales y en la ecología de la especie se consideran de interés las siguientes líneas de investigación:

Movilidad

- Experimentos de marcado con "radio-tracking" dirigidos a evaluar si las diferencias en abundancias observadas durante un ciclo anual se deben a cambios en distribución (tipo hábitat y/o profundidad) o a cambios de comportamiento vinculados con el ciclo reproductor.

Evaluación de las medidas de gestión adoptadas en las Islas Baleares

- Seguimiento de los desembarcos realizados por la pesca artesanal (distribución de tallas, volumen y estacionalidad de las capturas).
- Estudio de las diferencias en abundancia y estructura demográfica entre zonas con distinto nivel de protección (evaluación del efecto reserva).
- Evaluación de la pesca ilegal en inmersión.

Estudio de la población juvenil

- Identificación de los hábitats preferenciales y rango batimétrico de distribución.
- Estimación de índices de abundancia.
- Evaluación de diferencias espaciales en abundancia.

Queremos resaltar que para optimizar el rendimiento del trabajo realizado hasta la fecha es imprescindible estimar la tasa de pérdida de marca tipo T-BAR utilizada. Esto permitirá la aplicación de modelos dirigidos a estimar la abundancia de la población, tasa de mortalidad y crecimiento de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Centro Oceanográfico de Baleares del IEO y a la Dirección General de Pesca del Govern de les Illes Balears las facilidades prestadas para realizar este estudio, que fue desarrollado a petición de los gestores del Parque Nacional, sin ningún tipo de financiación.

Este estudio se ha podido realizar gracias a la colaboración de numerosas personas que han participado en las salidas al mar. Entre ellas queremos mencionar especialmente a los tripulantes de la embarcación "Na Moltona" de la DGP y "L'Aup" del IEO, Tomeu Orell, Jaume Gelabert y Bartolomé Salamanca, por su inestimable ayuda durante este tiempo. Agradecemos también la ayuda de Diego Alvarez, Jaume Calafat, Cesar González, Asvin Pérez y Ramón Más, compañeros de inmersión sin los cuales no se hubiera podido cumplir el muestreo quincenal llevado a cabo durante más de un año. Queremos resaltar que Raquel Goñi, Diego Kersting y Felio Lozano participaron en el diseño inicial del estudio y en la primera campaña realizada en 2006. Muy especialmente agradecemos a los pescadores artesanales que faenan en aguas del Parque Nacional y en la zona este de Mallorca su colaboración en la recuperación de ejemplares marcados. Los datos de captura diaria de la Asociación de Pescadores de Mallorca han sido facilitados por A. Quetglas del grupo de investigación de Ecosistemas y Recursos Demersales del COB-IEO. M^a Cruz Iglesias ha colaborado en la edición del informe.

Este proyecto no hubiera podido desarrollarse sin el interés y las ayudas en la gestión y tramitación de permisos para investigación de Josep Amengual (biólogo-conservador) y de Jorge Moreno (director) del Parque Nacional.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Metodología.....	5
4. Distribución espacial.....	11
5. Efectos del hábitat y del tipo de refugio en la distribución por sexos de <i>Scyllarides latus</i>	17
6. Dinámica temporal de la población.....	19
7. Estructura Demográfica	23
8. Agregación de <i>Scyllarides latus</i>	29
9. Movimientos	33
10. Patrón Reproductivo	37
11. Crecimiento.....	43
12. Medidas de Gestión.....	49
13. Discusión y conclusiones.....	53
14. Referencias.....	59

1. Introducción

"Sa cigala" *Scyllarides latus* (Latreille, 1803) (Familia: Scyllaridae) es una de las especies de crustáceo decápodo de gran talla e interés comercial presente en las Islas Baleares. Esta especie habita fondos rocosos entre 4 y 100 m de profundidad en el Mediterráneo (a excepción de la cuenca septentrional del Adriático) y del Atlántico oriental, desde las costas de Portugal hasta las Islas de Cabo Verde (Holthuis, 1991). Presenta un ciclo biológico complejo, puesto que consta de una fase pelágica (filosoma) de larga duración y una fase bentónica en la que los primeros estadios de desarrollo son totalmente desconocidos. El ejemplar de menor talla del que se tiene conocimiento presentaba una longitud de cefalotórax de 34.3 mm, habiéndose observado muy pocos ejemplares de talla inferior a 70 mm LC (Spanier & Lavalli, 2006). La especie puede alcanzar una talla máxima de 45 cm de longitud total, aunque son más comunes los ejemplares hasta 30 cm.

La presión pesquera y el aumento de las actividades antrópicas han supuesto la desaparición de *S. latus* como especie objetivo de la pesca tanto en el Atlántico como en el Mediterráneo (Fischer *et al.*, 1981; Spanier *et al.*, 1988; Bannister, 1993; Spanier & Lavalli, 2006). Actualmente el volumen de las descargas de la pesca comercial es mínimo, habiendo desaparecido las pesquerías artesanales dirigidas específicamente a su captura (Spanier & Lavalli, 2006). Además, su elevado valor comercial y distribución superficial han favorecido que la población sea objeto de una alta captura ilegal mediante buceo ya sea en apnea o con escafandra autónoma en toda su área de distribución (Marins, 1985; Holthuis, 1991; Spanier & Lavalli, 2006).

La baja abundancia de la población y el alto valor comercial (55 €/kg de media en primera venta entre 2006 y 2009) han dificultado el conocimiento de los parámetros ecológicos y demográficos de sus poblaciones en condiciones naturales. Así, la casi totalidad del conocimiento que existe sobre la especie está basado en ejemplares adultos mantenidos en cautividad o en el seguimiento de poblaciones en hábitats artificiales parcialmente protegidos. A excepción de los estudios derivados de un proyecto de repoblación realizado en Italia en la década de los 90 (Bianchini *et al.*, 1996; 2001; Bianchini & Ragonese, 2003; 2007), el resto de estudios se han llevado a cabo en los extremos del rango biogeográfico de distribución de la especie, Israel y Atlántico Este central, no existiendo información sobre las poblaciones en el centro de su área de distribución, el Mediterráneo occidental.

Los estudios realizados hasta la fecha se han centrado en la identificación de las características de los refugios utilizados por la especie y variaciones estacionales de abundancia (Spanier *et al.*, 1988; Spanier & Almong-Shtayer, 1992), patrones de comportamiento, (Almong-Shtayer, 1988 citado por Lavalli *et al.*, 2007; Barshaw & Spanier, 1994a; Spanier *et al.*, 1991; Spanier & Weihs, 1992; 2004) e identificación de interacciones intra e inter-específicas (Barshaw & Spanier, 1994b, Barshaw *et al.*, 2003). Todos estos estudios se han realizado en hábitats artificiales (arrecife construidos con llantas de coche localizados a 20 m de profundidad) o en tanques experimentales. Además, se ha estudiado el ciclo reproductor en el Atlántico (Martins, 1985) y Mediterráneo oriental (Spanier & Lavalli, 1998) y se han llevado a cabo experiencias de marcado-recaptura dirigidas a conocer su movilidad y crecimiento (Spanier & Barshaw, 1993; Spanier *et al.*, 1988; Bianchini *et al.*, 2001).

La creación de áreas marinas protegidas ha posibilitado la recuperación de especies sobre-explotadas y en consecuencia el desarrollo de estudios de ecología y biología de sus poblaciones. Las especies más favorecidas por este tipo de gestión pesquera han sido especies de crecimiento lento y alta capturabilidad como es el caso de *S. latus*. Si bien no existen estudios específicos

sobre la recuperación de sus poblaciones en los espacios protegidos existentes en el Mediterráneo occidental (Sanchez-Lizaso *et al.*, 2000) si se ha constatado un aumento de las observaciones de ejemplares adultos de esta especie en muchas de las reservas marinas del Mediterráneo español como Tabarca (F. Lozano comm pers.), Islas Columbretes (D. Kersting, comm pers.) y Archipiélago de Cabrera.

En 2006 los gestores del Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera (PNMTAC) tomaron la iniciativa de estudiar la población de *S. latus* en el área protegida con el fin de adoptar medidas específicas para la gestión de la especie basadas en parámetros ecológicos, demográficos y preferencias de hábitat. Posteriormente la Conselleria de Agricultura y Pesca del Govern Balear (CAIB) apoyó esta iniciativa ante la necesidad de regular la captura profesional de la especie en aguas de las Baleares. El presente informe recoge los resultados obtenidos de 2006 a 2009 derivados del acuerdo de colaboración entre el PNMTAC, COB-IEO y DGP-CAIB para el estudio de la población de *S. latus* en aguas del Parque Nacional.



2. Objetivos

Este estudio ha tenido como objetivo conocer la dinámica de la población de *Scyllarides latus* en el PNMTAC, determinar las características del hábitat preferencial de la especie a lo largo de un ciclo anual y estimar el crecimiento, movilidad y fidelidad a partir de un programa de marcado y recaptura a lo largo de 4 años. Asimismo se ha abordado el estudio del comportamiento en el momento de la reproducción y se ha determinado el ciclo reproductor de la especie en el Mediterráneo occidental. Estos objetivos pretenden recoger los distintos aspectos de la biología y ecología de la especie necesarios para diseñar medidas de gestión específicas (vedas espaciales y/o temporales y tallas mínimas ó máximas de captura) que aseguren la recuperación y conservación de sus poblaciones. Asimismo permiten evaluar la idoneidad de las actuales medidas de regulación pesquera existentes.

Cabe señalar que este es el primer estudio sobre *S. latus* en el Mediterráneo occidental y el primer estudio que existe sobre la especie en hábitats naturales en todo su rango geográfico de distribución, realizado con un método que permite relacionar directamente las características del hábitat con la distribución y abundancia de la especie.



3. Metodología

ZONA DE ESTUDIO

El estudio de la población de *Scyllarides latus* se ha llevado a cabo en el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera (PNMTAC) (Fig. 3.1). Este parque nacional, localizado al sur de la Isla de Mallorca, protege 8703 hectáreas de fondos marinos entre 0 y 110 m de profundidad. El aspecto más destacable en relación con la especie en estudio es la gran extensión y diversidad de fondos rocosos; así cuevas, paredes o amplias zonas de bloques se localizan en todo el archipiélago extendiéndose principalmente hasta los 50 m de profundidad, cota a partir de la cual dominan los sustratos blandos de arena y fango. Desde su creación en 1991 la única actividad extractiva permitida es la pesca artesanal, la cual se puede realizar en el 92% del área protegida, a profundidades mayores a 20 m. Las principales modalidades de pesca son trasmallo y palangre de fondo, las cuales se ejercen en todos los tipos de hábitats y rango batimétrico concentrándose el esfuerzo de pesca entre 30 y 50m (Reñones *et al.*, 2006).

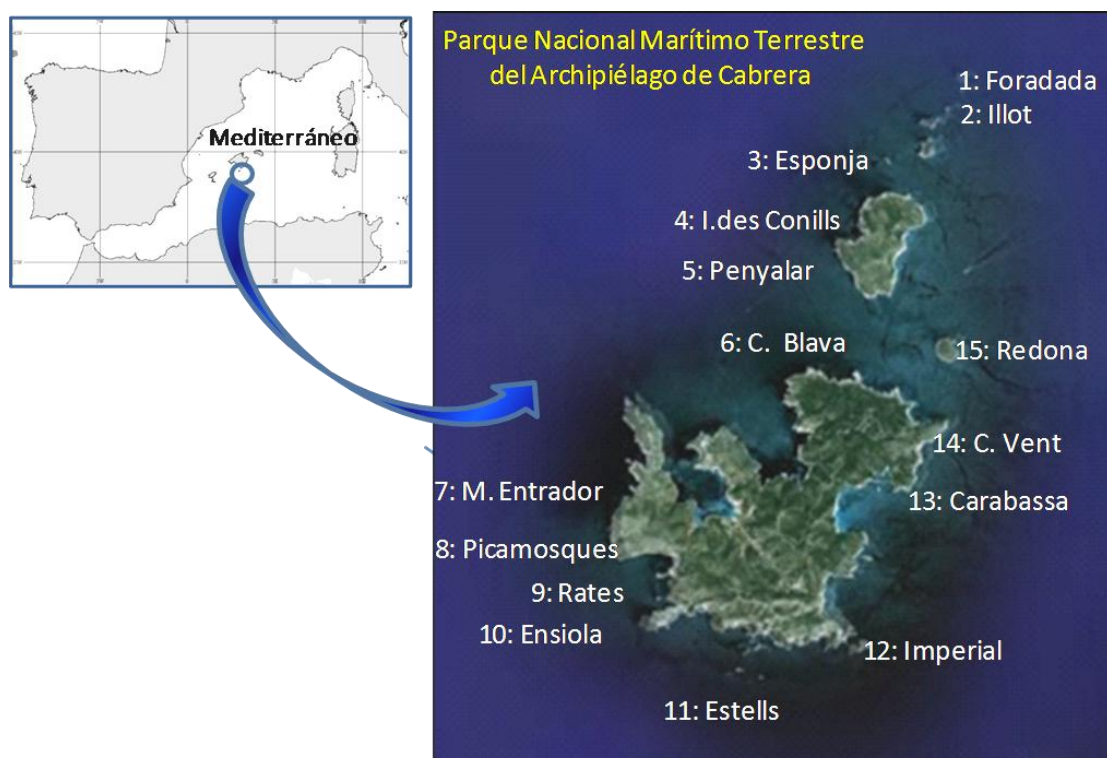


Figura 3.1.- Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera (Islas Baleares, Mediterráneo Occidental). Se indica la localización de las zonas en las que se ha realizado el estudio de la población de *Scyllarides latus* de 2006 a 2009.

El estudio se ha llevado a cabo en 15 zonas del Parque Nacional (Fig. 3.1) localizadas en áreas de reserva integral y uso restringido alrededor del archipiélago. En función del hidrodinamismo y topografía sumergida, el PNMTAC se ha subdividido en 3 grandes sectores geográficos: Sector Norte: comprende las islas y pequeños islotes localizados al norte del archipiélago, en este sector

se han muestreado 6 zonas (Foradada, Illot, L'Esponja, I. des Conills, Penyalgar y Redona); Sector Sur-Oeste: comprende la costa orientada al oeste y sur de la isla Grande de Cabrera desde el cabo Llebeig hasta l'Imperial, en este sector se han muestreados 6 zonas (Mal Entrador, Picamosques, Rates, Ensiola, Estells e Imperial); Sector Nor-Este, comprende la costa de levante y norte de la isla Grande desde Imperial a Cabo Llebeig, en este sector se han muestreado 3 zonas (Carabassa, Cova des Vent y Cova Blava).

MUESTREO

En el marco de este proyecto de cuatro años de duración (2006-2009) se han llevado a cabo diversas campañas con diferente temporalidad. Durante el primer año (2006) se realizó una campaña de reconocimiento previo del área de estudio para determinar las zonas en las cuales se llevarían a cabo los muestreos de carácter mensual durante los años posteriores (2007-2008). A partir de abril de 2007 se realizaron muestreos con periodicidad quincenal hasta agosto de 2008. En el último año (2009) el muestreo se concentró durante el mes de mayo (Tabla 3.1).

TABLA 3.1.- Muestreo de *Scyllarides latus* realizado de 2006 a 2009. Se indican los días en los que se ha realizado el muestreo cada mes, zonas muestreadas (identificadores según figura 3.1), número de censos y rango batimétrico (en m).

Año	Mes	Días de muestreo	Zonas	Nº	Rango
				Censos	Batimétrico
2006	Junio	Del 12 al 18	4,5,6,7,8,9,10,12	292	0 - 50
2007	Abril	23	1,2,9,10	35	2 - 34
	Mayo	11	1,2,12	38	4 - 36
	Junio	8 y 21	1,2,9,10,14	116	0 - 34
	Julio	4, 18 y 28	1,2,9,10	115	4 - 49
	Agosto	17	4,9,10	44	2 - 43
	Septiembre	7 y 28	1,2,9,10	81	2 - 45
	Octubre	24	1,2,9,10	45	5 - 50
	Noviembre	27	1,2,9,10	39	3 - 51
	Diciembre	14	2,10	19	3 - 38
2008	Enero	24	1,2,9,10	44	5 - 50
	Febrero	12 y 28	1,9,10	43	3 - 50
	Marzo	13	1,2,9,10	45	2 - 34
	Abril	3, 14 y 30	1,2,9,10,12	121	4 - 50
	Mayo	13, 22 y 29	1,2,9,10,12,14,15	138	0 - 50
	Junio	5, 12, 19, 26	1,2,4,5,8,9,10,11,13,14	217	2 - 50
	Julio	10 y 18	1,2,,9,10	64	2 - 33
	Agosto	5 y 18	1,2,,9,10	50	3 - 33
2009	Mayo	13 y 25	1,2,5,8,9,10,14,15	131	1 - 34
Total		40	14	1677	0 - 52

El muestreo de la población de *S. latus* se ha realizado durante el día (entre las 10 y 16 horas solares), en 4 tipos de hábitats rocosos (talud, pared, bloques y cuevas) mediante censos visuales con escafandra autónoma entre 0 y 52 m de profundidad. La unidad de muestreo ha sido un

recorrido (censo) de 5 minutos de duración replicado en un mismo tipo de hábitat y estrato batimétrico. La densidad de individuos se ha estimado como número de ejemplares en 5 minutos. El número de censos realizados, zonas y rango batimétrico muestreado durante el estudio se indican en la Tabla 3.1 y el esfuerzo total de muestreo (minutos de censo) realizado por estrato batimétrico de 5 m se indica en la Figura 3.2

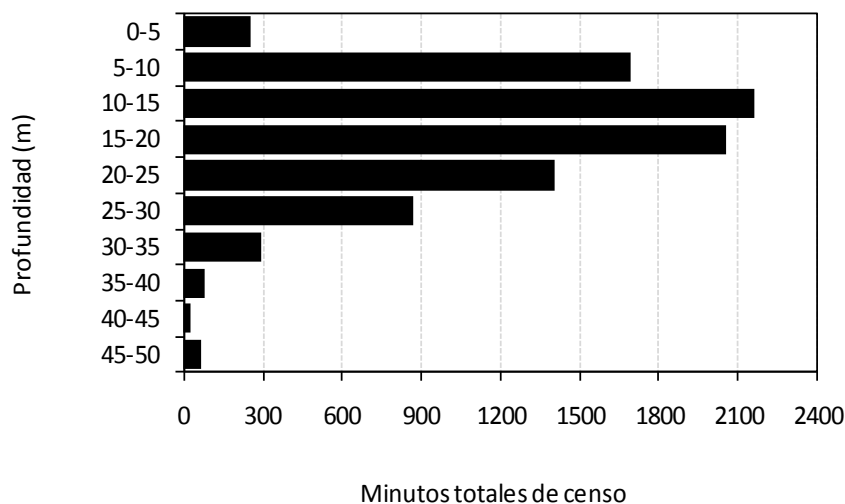


Figura 3.2.- Esfuerzo de muestreo (minutos de censo) realizado por estrato batimétrico de 5 m entre el año 2006 y 2009.

Para cada uno de los ejemplares observados se ha anotado el minuto de censo en el que se ha realizado la observación; si el ejemplar estaba libre en el hábitat o en un refugio y se ha identificado el tipo de refugio en el que se localiza [extra-plomo, grieta vertical u horizontal, bóveda (> a 1m de diámetro), cavidad (< a 1 m de diámetro), hueco en bloque, etc.]. Además se ha anotado la profundidad a la que se encontraba el ejemplar, orientación, distancia al fondo y agregación (definida como el número de individuos observados en un círculo de 1m de radio a su alrededor). Por último se ha identificado si el ejemplar estaba marcado, indicándose el color de la marca. Una vez anotadas todas estas variables se ha realizado la captura del ejemplar para su posterior muestreo y marcado en la embarcación. Cada individuo capturado se ha identificado individualmente bajo el agua con el fin de poder relacionar la talla, sexo y madurez con su distribución y agregación.

De cada ejemplar capturado se han tomado los siguientes datos: Longitud del cefalotórax (LC) en mm (distancia mínima entre el extremo superior del rostro y la base posterior central del cefalotórax), longitud total (LT) en mm (distancia entre la espina supraorbital y el margen posterior del telson) (Fig. 3.3), sexo, presencia de espermátóforo, madurez (en hembras), dureza del exoesqueleto e incrustaciones (abundancia relativa de epibiontes en el cefalotórax). En 2009 se midió además la longitud del cefalotórax (LC-LEGAL) según la normativa publicada en el BOIB nº 14 del 29/01/2009 (orden nº 1289) (Fig. 3.3).

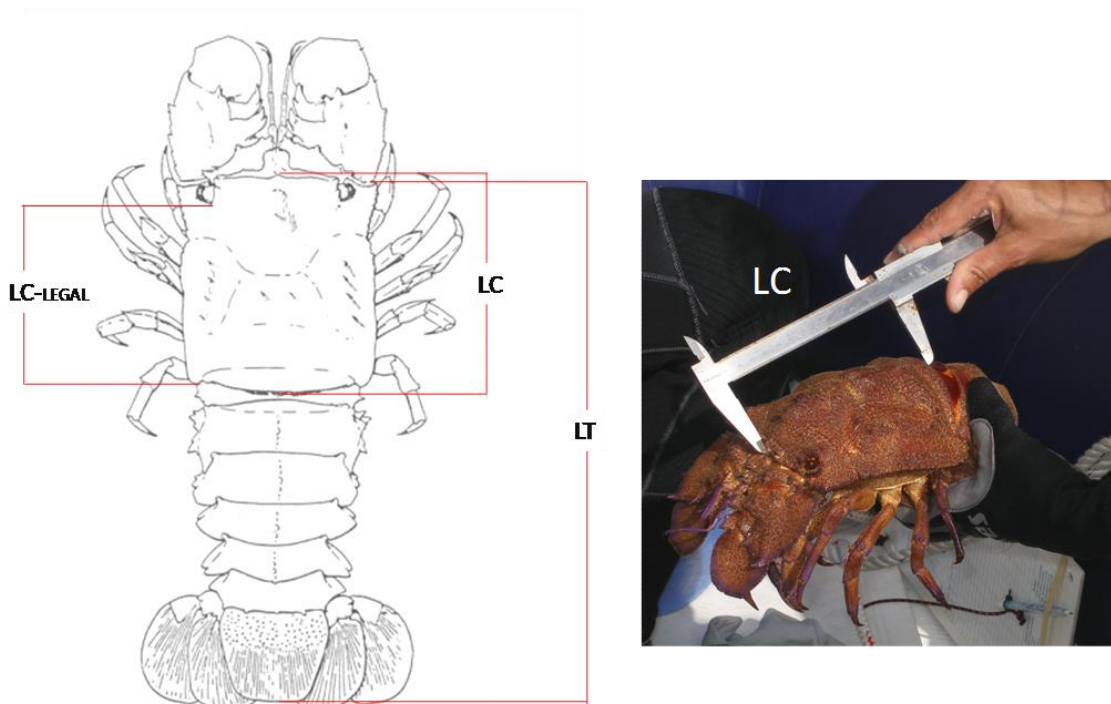


Figura 3.3. Medidas morfométricas realizadas en los ejemplares capturados de *Scyllarides latus*. LC: Longitud del cefalotórax, LT: longitud total, LC-LEGAL: Longitud del cefalotórax según normativa vigente en las Islas Baleares.

MARCADO

Todos los ejemplares capturados se han marcado con marcas tipo T-bar de Hallprint de 3 cm de longitud con codificación individual. Se han utilizado marcas de 3 colores: verde, para los ejemplares capturados en las zonas localizadas al Norte del archipiélago; azul, en las zonas del Sur-Oeste de la Isla de Grande; y rojo, en las zonas del Nor-Este de la isla Grande (Fig. 3.4). Las marcas se han insertado dorso-lateralmente entre el 1^{er} y 2^d o entre el 2^d y 3^{er} segmento abdominal (Fig. 3.5). Una vez realizado el muestreo y marcado los ejemplares se han liberado entre 5 y 15 m de profundidad en el punto central de la zona en la que han sido capturados. En la Tabla 3.2 se indica el número de ejemplares marcados y recapturados anualmente.

Durante la duración del estudio se ha informado a los pescadores que faenan al sur-este de Mallorca y en aguas del Parque Nacional del programa de marcado de “cigales”. Con el fin de incentivar y facilitar su colaboración se ofreció una recompensa de 20 € por marca recuperada y se distribuyeron estadillos para anotar los datos de los ejemplares recuperados (Fig. 3.6).

Tabla 3.2.- Número de ejemplares de *Scyllarides latus* marcados y recapturados de 2006 a 2009.

Año de marcado	2006	2007	2008	2009	Total
Nº Marcados	56	57	149	44	306
Año Recaptura					
2006	0				
2007	5	2			
2008	3	12	12		
2009	3	1	10	0	
Total	11	15	22	0	48

**Figura 3.4.-** Programa de marcado de *Scyllarides latus*. Color de las marcas utilizadas en los tres sectores en los que se ha subdividido el PNMTAC. Se indica la localización de las zonas muestreadas en cada sector.



Figura 3.5.- Marcado y liberación de ejemplares de *Scyllarides latus*.

¡ RECOMPENSA 20 € !
PEL RETORN DE MARQUES I DADES DE
CIGALES MARCADES



Les marques són verdes, blaves o vermelles, d'uns 7 cm de llargària, i les trobareu a la part dreta del cos de les cigales. Cada marca porta un número que ens permet identificar els individus.

QUINES DADES CAL QUE COMUNIQUEU?
Per favor emplenau el full adjunt a aquest póster o cridau als telèfons indicats per sol·licitar-ne una còpia, i entregau les marques i les dades recollides per obtenir la recompensa:
Instituto Español de Oceanografía Tel. 971 401561 / 971 401877 (persones de contacte: Olga Reñones, David Díaz o Ben Stobart).
Direcció General de Pesca Tel: 971 176104 (persones de contacte: Sergi Martino, Pep Coll o Gabriel Morey).

Figura 3.6.- Cartel de difusión del estudio de marcado de *Scyllarides latus* distribuido en las distintas Cofradías de pescadores.

4. Distribución espacial

OBJETIVOS

El objetivo planteado es identificar los hábitats preferenciales y la distribución en profundidad de *Scyllarides latus* en la zona litoral. Para ello se han comparado los índices de abundancia obtenidos en cuatro tipos de hábitats rocosos en seis zonas del PNMTAC. Esta especie, al igual que otros grandes decápodos presenta actividad nocturna (Spanier & Lavalli, 1998). Por tanto y teniendo en cuenta que los censos se han realizado entre las 10 y las 16 horas, los resultados obtenidos aportan información sobre los hábitats utilizados por la especie durante el periodo diario en que su actividad trófica es mínima.

Si bien en las distintas revisiones realizadas sobre el género se indica que *S. latus* se refugia preferentemente durante el día en los techos de las cuevas o en oquedades (Spanier & Lavalli, 1998; Spanier & Lavalli, 2006; Lavalli *et al.*, 2007), no existen estudios específicos dirigidos a evaluar si existen preferencias por los distintos tipos de hábitats rocosos. Estudios realizados en cautividad indican que la especie prefiere superficies rugosas que permiten un fuerte anclaje al sustrato disminuyendo con ello el riesgo de depredación (Chessa *et al.*, 1996). Por el contrario Barshaw & Spanier (1994a) observaron que después de dos meses en cautividad y en ausencia de depredadores la especie no presentan preferencias entre sustratos blandos y duros.

ANÁLISIS DE DATOS

Con el objeto de disponer del mayor número de datos de los diferentes hábitats (CB: campo de bloques, Cu: cuevas, Pa: paredes; T: talud) y profundidades (intervalo de 0 a 50m) se han seleccionado los datos obtenidos entre 2006 y 2009 en el período abril-julio. Éste es el período del año en que la abundancia de *S. latus* es mayor y que comprende desde una fase de pre-reproducción (abril) hasta casi el final de la puesta (julio) (ver apartados evolución temporal y reproducción).

Asimismo se ha seleccionado el mayor número de zonas posible donde los diferentes hábitats y profundidades estuvieran bien representados. Las zonas con mayor número de censos se muestran en la Tabla 4.1. Se trata de 6 zonas representativas de los distintos sectores geográficos del Parque (sector Norte: Foradada e Illot, sector Sur-Oeste: Ensiola, Rates, e Imperial; y sector Nor-Este: Cova des Vent). El número de censos es elevado en todas las zonas aunque sensiblemente menor en las zonas de Imperial y Cova des Vent.

Previamente a cualquier análisis se ha comprobado la influencia del tamaño de muestra en la densidad media de *S. latus* mediante análisis de correlación (Fig. 4.1). La relación entre estas variables es muy baja, con una alta probabilidad de que sea debida al azar ($p=0,55$), y de carácter negativo. Esta baja correlación permite analizar las 6 zonas que se muestran en la tabla 4.1 y los hábitats presentes en ellas a pesar de sus diferencias en el número de censos.

Tabla 4.1.- Número de censos efectuados en 6 zonas del PNMTTC en los diferentes hábitats rocosos (CB: campo de bloques; Cu: cuevas; Pa: pared; T: talud). Muestreos efectuados entre 2006 y 2009 en el período abril-julio.

	Illot	Foradada	Ensiola	Rates	Imperial	Cova des Vent
CB	91	70	23	78	20	23
Cu	76	55	88	11	30	15
Pa	20	50	71	65	16	34
T	9	20	12	4	6	-
Total	196	195	194	158	72	72

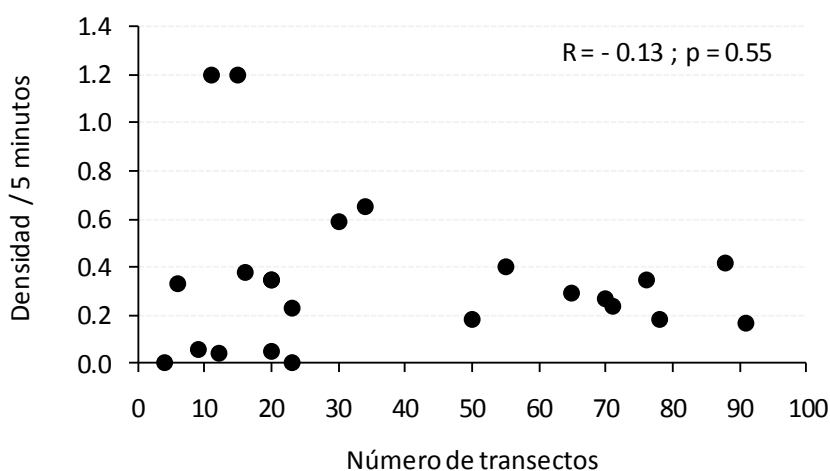


Figura 4.1.- Anàlisi de correlació entre la densitat mitjana de *Scyllarides latus* i el nombre de censos efectuat en cada tipus de hàbitat present en les sis zones de estudi considerades en l'anàlisi.

El primer pas per analitzar l'efecte del hàbitat (factor nominal fix) i la profunditat (variable contínua) ha sigut l'estudi de la influència de cada zona en la densitat mitjana de *S. latus*. A més a més s'ha tingut en compte l'efecte de cada hàbitat en cada zona, analitzant la interacció d'aquests dos factors independents i, per tant, ortogonals mitjançant un anàlisi de la varianza segons el model:

$$X_{ijk} = \mu + Z_i + H_j + (Z_i \times H_j) + e_{ijk}$$

on X_{ijk} és el valor de densitat de *S. latus* en un cens k per un hàbitat j i en una zona i ; μ : és la mitjana total, Z_i és l'efecte de la zona; H_j és l'efecte del hàbitat; $(Z_i \times H_j)$ és la interacció entre ambdós factors i e_{ijk} és el terme d'error.

Posteriorment a l'anàlisi de la interacció (ZxH) s'ha realitzat un anàlisi de la varianza del principal factor objecte d'estudi (hàbitat), primer com a únic factor i posteriorment amb la profunditat com a covariable. En funció de la significança de la covariable profunditat s'ha procedit a analitzar el seu efecte dins de cada hàbitat i les diferències entre els diferents hàbitats per un interval acotat de profunditats (interval de 5 m) entre 0 i 35 m. El nombre de censos a profunditats > 35 m ha sigut insuficient per realitzar l'anàlisi. Els tests posteriors a l'anàlisi de la varianza (post hoc) s'han realitzat mitjançant el test per N desigual de HSD.

Dado que el hábitat "Talud" no se encuentra presente en la zona de Cova des Vent, se ha realizado primero un análisis del efecto zona (N=6) sin el hábitat "Talud" (análisis A) y, posteriormente, un análisis de todos los hábitats (N=4) sin la zona "Cova des Vent" (análisis B).

Previamente al análisis se han intentado homogeneizar las varianzas de cada zona y hábitat mediante transformación de los datos según la función $X^{1/2}$ y su logaritmo en base 10 ($\log_{10}(X^{1/2}+1)$). Si tras el análisis de Cochran las varianzas continuaban siendo desiguales ($p < 0,05$) se han analizado los datos brutos, adoptando un valor de $p = 0,01$ para el rechazo de las hipótesis nulas.

La variación de la densidad de *S. latus* en profundidad se ha ajustado a diferentes modelos matemáticos utilizados en ecología. Las funciones utilizadas son:

1. Lineal: $y = a + bX$, donde Y= densidad y X= profundidad. Función que respondería a un incremento o disminución continua desde una densidad original (a) a una tasa constante (b) sin ningún límite.
2. Polinómica de 2 grado: $y = aX^2 + bX + c$. Función que respondería a una respuesta unimodal de la densidad en función de la profundidad
3. Ricker: $y = N_0 + (rX) e^{-bx}$: ecuación propuesta por Ricker (1954) para modelar el crecimiento de poblaciones densodependientes. N_0 = ordenada en el origen, r: tasa de crecimiento, X= profundidad, b= tasa de disminución.

El método de ajuste ha sido el de mínimos cuadrados y la estima de parámetros se ha realizado con el algoritmo de Levenberg-Marquardt. Todos los análisis se han realizado mediante el paquete estadístico Statistica 6.0.

RESULTADOS

Las zonas de estudio no influyen de forma significativa en la densidad media de *S. latus*. Esta afirmación es válida tanto si tenemos en cuenta la zona de "Cova des Vent" (efecto Zona: $p = 0,29$) como si no (efecto zona: $p = 0,34$) (Tabla 4.2).

El efecto hábitat, sin embargo, resulta altamente significativo en ambos casos, sin una interacción con el factor zona. Así, se puede afirmar que las cuevas del PNMTTC presentan una densidad superior ($0,45 \pm 0,05$ E.E) a los bloques ($0,29 \pm 0,04$ E.E; HSD test Cu vs CB, $p = 0,000$), a las paredes ($0,26 \pm 0,05$; HSD test Cu vs Pa; $p = 0,005$) y al talud ($0,08 \pm 0,05$; HSD test Cu vs T; $p = 0,009$) (Fig. 4.2). En el intervalo batimétrico considerado (0 a 35 m), la densidad de *S. latus* no difiere significativamente entre CB, Pa y T.

El factor profundidad resulta altamente significativo ($F_{3, 810} = 11,06$; $p < 0,0001$) al ser tratado como covariable en el análisis de la varianza del factor hábitat. Asimismo, la significancia de las diferencias entre hábitats aumenta con esta covariable ($F_{3,883} = 13,56$; $p < 0,0001$) (Fig. 4.2 y Tabla 4.2). Aunque la importancia de la profundidad resulta clara, su efecto sobre la densidad de *S. latus* no es lineal en ninguno de los hábitats estudiados ($R^2 < 0,4$ y $p > 0,15$, para el test de pendientes en un ajuste lineal en cada hábitat).

La función de Ricker es la que explica mejor la distribución en profundidad para el hábitat de bloques así como en las cuevas, con un 68% y un 87% de la varianza en cada caso (Tabla 4.3). Los hábitats con mayor número de individuos (Cu y Pa) presentan una distribución en forma de campana, con baja densidad a menos 5 m para ir aumentando hasta una densidad máxima entre

10 y 15 m, y disminuir de nuevo entre 20 y 35 m (Fig. 4.3). Asimismo cabe decir que el número de censos (N) para las profundidades extremas (< 5 m y > 30 m) es bajo para todos los hábitats analizados (N = entre 4 y 12).

Este tipo de distribución en forma de campana permite precisar además que las diferencias entre hábitats se dan únicamente entre los 10 y los 25 m de profundidad, pudiendo considerar bastante baja y homogénea la densidad en superficie (< 10 m) y en profundidad (> 25 m) (Tabla 4.4). En el sentido comentado anteriormente, el bajo número de censos para las cotas más superficiales resta potencia a los análisis. Probablemente con un esfuerzo de muestreo mayor a estas profundidades, se podría confirmar la idoneidad de las cuevas en un intervalo batimétrico más amplio, como permiten inducir, y a modo de hipótesis, los resultados gráficos (Fig. 4.3).

Tabla 4.2.- Resultados del análisis de la varianza de 2 factores (Zona y Hábitat) sobre los datos de densidad de *Scyllarides latus* transformados según la función $\text{Log}_{10}(X^{1/2}+1)$. A) análisis de 3 hábitats (CB, Cu, Pa) en 6 zonas. B) Análisis de 4 hábitats (CB, Cu, Pa, T) en 5 zonas (excluyendo Cova des Vent). **Rojo:** diferencias significativas ($p < 0,05$). SS: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, MQ: media cuadrática; F: F test, $p =$ significancia.

Factores	SS	GL	MQ	F	p
Análisis A					
Zona	0,115	5	0,023	1,22	0,30
Hábitat	0,475	2	0,238	12,60	0,00
Zona x Hábitat	0,275	10	0,028	1,46	0,15
Error	15,425	818	0,019		
Análisis B					
Zona	0,080	4	0,020	1,133	0,34
Hábitat	0,464	3	0,155	8,739	0,00
Zona x Hábitat	0,107	12	0,009	0,505	0,91
Error	14,079	795	0,018		

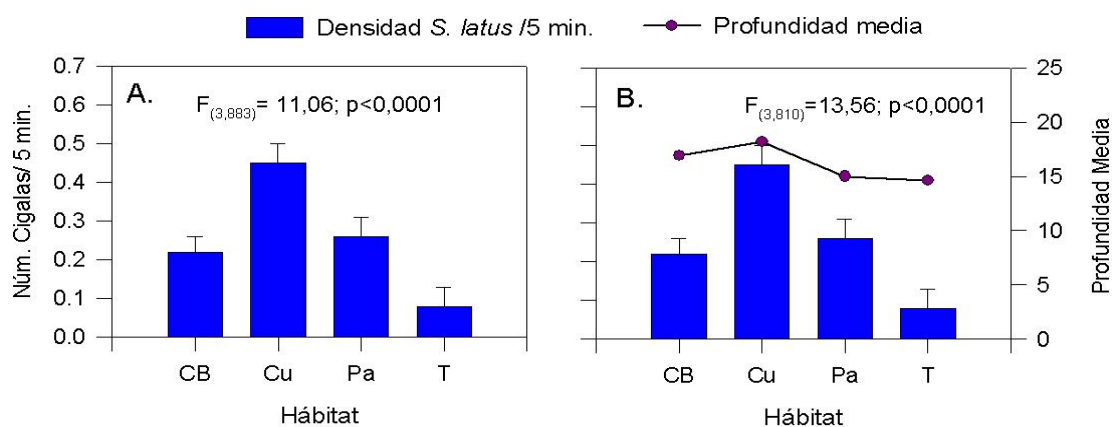


Figura 4.2.- A: Análisis de la varianza entre la densidad media de *Scyllarides latus* y los distintos hábitats estudiados. CB: campo de bloques, Cu: cuevas, Pa: paredes y T: talud. B: Análisis de la covarianza (Hábitat + Profundidad).

Tabla 4.3.- Resultados de los ajustes lineales y no lineales entre la densidad de *S. latus* y la profundidad. R^2 = proporción de la varianza explicada por cada modelo. *: $p<0,05$; **: $p<0,025$; ***: $p<0,01$; n.s: no significativo ($p>0,05$).

Hábitat/Modelo	Lineal	Polinomio 2grado	Ricker
CB	$Y = 0,28 - 0,01X$	$Y = -0,0009 X^2 + 0,026X + 0,06$	$Y = -0,46 + 0,18X \cdot e^{-0,08X}$
	$R^2 = 0,23$ n.s	$R^2 = 0,41$ n.s	$R^2 = 0,68^*$
Cu	$Y = 0,68 - 0,017X$	$Y = -0,002 X^2 + 0,06X + 0,17$	$Y = -0,59 + 0,31X \cdot e^{-0,09X}$
	$R^2 = 0,36^{**}$	$R^2 = 0,75^{**}$	$R^2 = 0,87^{***}$
Pa	$Y = 0,35 - 0,01X$	$Y = -0,0009 X^2 + 0,024X + 0,13$	$Y = -0,35 + 0,17X \cdot e^{-0,09X}$
	$R^2 = 0,20$ n.s	$R^2 = 0,37$ n.s	$R^2 = 0,59$ n.s
T	$Y = 0,13 - 0,004X$	$Y = -0,0002 X^2 + 0,49X + 0,09$	$Y = -0,11 + 0,07X \cdot e^{-0,12X}$
	$R^2 = 0,23$ n.s	$R^2 = 0,25$ n.s	$R^2 = 0,46$ n.s

Tabla 4.4.- Resultados del análisis de la varianza de la densidad media de *Scyllarides latus* entre distintos hábitats a distintas cotas batimétricas (intervalos de 5 m). SS: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, MQ: media cuadrática; F: F test, p= significancia. Rojo: diferencias significativas ($p<0,05$).

Profundidad		SS	DF	MS	F	p
0-5 m	Hábitat	0.2712	3	0.091	1.182	0.341
	Error	1.610	21	0.077		
5 – 10 m	Hábitat	0.893	3	0.298	0.410	0.746
	Error	120.659	166	0.727		
10 – 15 m	Hábitat	9.441	3	3.147	2.690	0.047
	Error	257.352	220	1.170		
15 – 20 m	Hábitat	11.066	3	3.689	4.492	0.004
	Error	169.154	206	0.8211		
20 – 25 m	Hábitat	2.043	3	0.681	3.786	0.012
	Error	24.289	135	0.1780		
25 30 m	Hábitat	0.198	3	0.066	0.886	0.452
	Error	6.030	81	0.074		
30 – 35 m	Hábitat	0.020	3	0.007	0.275	0.842
	Error	0.468	19	0.025		

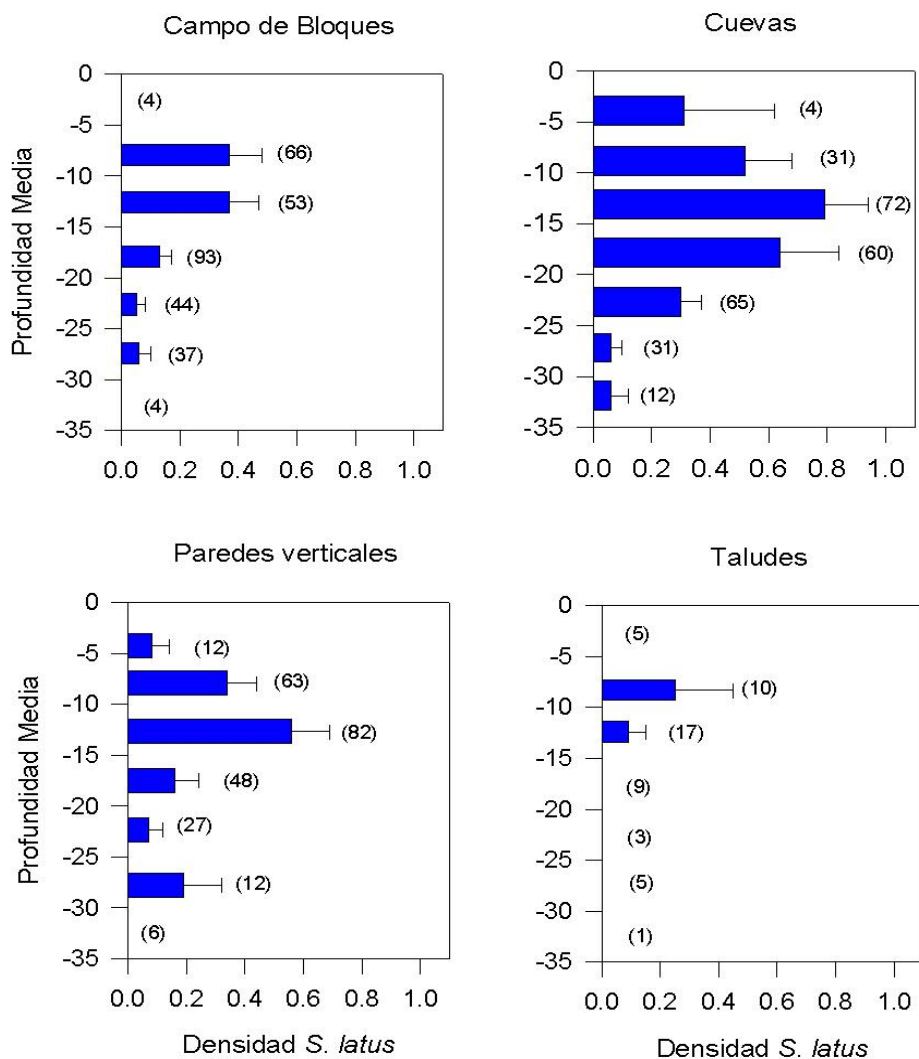


Figura 4.3. Distribución en profundidad de la densidad media de *Scyllarides latus* para cada uno de los hábitats presentes en las 6 zonas de estudio. Entre paréntesis aparece el número de censos para cada estrato batimétrico.

5. Efectos del hábitat y del tipo de refugio en la distribución por sexos de *Scyllarides latus*

OBJETIVOS

El objetivo planteado en este apartado es identificar si machos y hembras presentan las mismas preferencias de hábitat durante el periodo de máxima abundancia en la zona litoral. Asimismo se evalúa si existen diferencias entre sexos en comportamiento y en el tipo de refugios utilizado durante el día.

Trabajos experimentales realizados en hábitats artificiales y en cautividad indican que *Scyllarides latus* presenta un comportamiento críptico durante el día, utilizando preferentemente refugios pequeños con varias salidas y orientados de forma que se minimice la entrada de luz durante las horas diurnas (Spanier *et al.*, 1988; Spanier & Almong-Shtayer, 1992).

ANÁLISIS DE DATOS

Con el objeto de estudiar las posibles diferencias de distribución entre machos y hembras de *S. latus*, tanto a nivel de hábitat como a nivel de refugio, se han tomado los datos de las 6 zonas seleccionadas en el análisis de distribución espacial de la población (apartado 4). En este caso se ha procedido a analizar los datos a partir de los individuos presentes en los censos y las variables de hábitat y tipo de refugio asociadas, es decir se han obviado los recorridos en los que no se censó ningún individuo.

En las 6 zonas consideradas se censaron 322 ejemplares, de entre los cuales, 78 no pudieron ser capturados y 3 no tenían datos de refugio asociados. Así, se ha analizado la distribución de 241 individuos, partiendo de la hipótesis nula de que ni el hábitat ni el tipo de refugio afectan a las frecuencias de machos y hembras. Para ello se han comparado las frecuencias observadas de machos y hembras con las frecuencias esperadas para una equidistribución entre a) sexo y hábitat, y b) sexo y refugio. Este análisis se ha realizado mediante tablas de contingencia con el test de χ^2 .

Para el análisis de la distribución entre sexo y hábitat, y debido a la baja frecuencia de *S. latus* en el hábitat "talud" (N=5), se han integrado estos datos con los del hábitat más similar (i.e paredes verticales).

RESULTADOS

Si en el apartado anterior se demostró que las cuevas entre 10 y 20 metros de profundidad eran el hábitat con mayor densidad de *S. latus*, podemos afirmar que esta distribución es consistente para machos y hembras. La frecuencia de ambos sexos no se ve afectada por el tipo de hábitat y es proporcional a la abundancia total de la especie en el hábitat ($\chi^2_{0,05;1} = 1,27$; $p = 0,53$) (Tabla 5.1 y Fig. 5.1).

Sí se han observado, sin embargo, diferencias en la preferencia por el tipo de refugio en función del sexo. Las distribuciones observada y esperada para una equidistribución entre sexos presentan diferencias significativas ($\chi^2_{0,05;6} = 29,99$; $p = 0,0002$) (Fig. 5.2). Las hembras son mucho más frecuentes en la mayoría de refugios, especialmente en las grietas horizontales y en las

cavidades, mientras que los machos fueron censados mayoritariamente en forma libre, fuera de los refugios.

Tabla 5.1. Frecuencia absoluta de machos y hembras de *Scyllarides latus* observada para los hábitats: CB: campo de bloques, Cu: cuevas y Pa-T: Paredes y Talud en las zonas de Foradada, Illot, Ensiola, Imperial y Cova des Vent entre abril y julio de 2006 a 2009.

	CB	Cu	Pa-T	Total
Hembras	28	53	35	116
Machos	25	66	34	125
Total	53	119	69	241

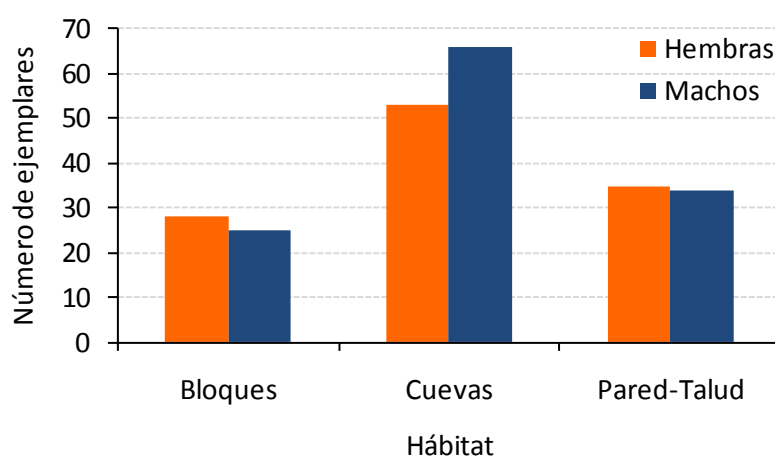


Figura 5.1.-. Distribución de machos y hembras de *Scyllarides latus* en los distintos tipos de hábitats.

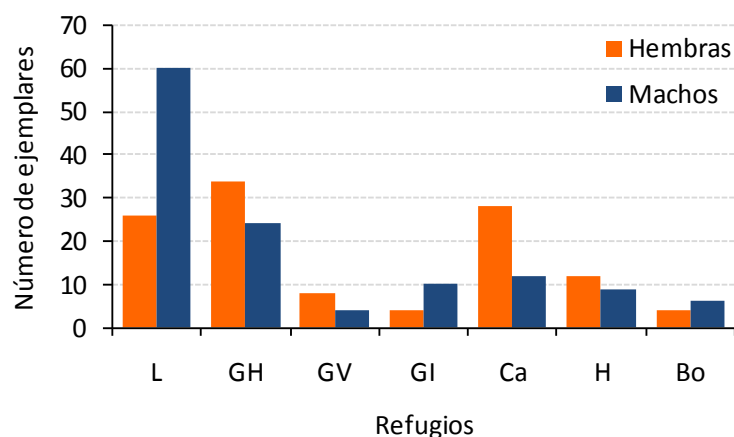


Figura 5.2. Distribución observada de machos y hembras de *Scyllarides latus* en los distintos tipos de refugio. L: libres, GH: grietas horizontales, GV: grietas verticales, GI: grietas indeterminadas, Ca: cavidades, H: huecos, Bo: bóvedas.

6. Dinámica temporal de la población.

OBJETIVOS

El objetivo que se aborda en este apartado es identificar el patrón temporal de abundancia de la población de *Scyllarides latus* en la zona litoral, a partir del seguimiento de la población en cuatro zonas del PNMTAC durante 17 meses. El único estudio previo en el que se ha planteado este objetivo, se realizó en Israel, en un arrecife artificial localizado a 20 m de profundidad, donde se llevo a cabo un seguimiento durante cuatro años mediante censos con escafandra autónoma (Spanier *et al.*, 1988).

En Baleares, *S. latus* es capturada principalmente en las pesquerías artesanales de trasmallo dirigidas a la captura de sepia, pescado y langosta, entre 15 y 80 m de profundidad (datos grupo RESMARE COB-IEO). Los índices de abundancia obtenidos en el seguimiento de estas pesquerías artesanales aportan información complementaria que es necesaria para identificar la dinámica estacional de la población en todo su rango batimétrico de distribución.

ANÁLISIS DE DATOS

Para la identificación del patrón temporal de abundancia de la población de *S. latus* en aguas del PNMTAC se realizaron muestreos con periodicidad quincenal (cuando el tiempo lo ha permitido) entre abril de 2007 y agosto de 2008 en las zonas de Foradada, Illot, Ensiola y Rates (ver Fig. 3.1). Durante los 17 meses de estudio se realizaron 989 censos ($\approx 60\%$ del muestreo total) entre 0 y 50 m de profundidad con un esfuerzo de muestreo muy similar entre zonas (Foradada: 237 censos, Illot: 265; Ensiola: 247 y Rates: 240).

Mediante un análisis preliminar se identificó que no existían diferencias en densidad entre zonas (ANOVA de un factor: $F = 0,48$; $df = 3$; $p = 0,70$), por lo que la identificación del patrón temporal de abundancia de la población de *S. latus* se realizó mediante un análisis de la varianza de dos factores: Año y Mes y su interacción, según el modelo:

$$X_{ijk} = \mu + Z_i + H_j + (Z_i \times H_j) + e_{ijk}$$

donde X_{ijk} es el valor de densidad de *S. latus* en un censo k para el año j y el mes i ; μ : es la media total, Z_i es el efecto del año; H_j es el efecto del mes; $(Z_i \times H_j)$ es la interacción entre ambos factores y e_{ijk} es el término de error.

Debido a la falta de replicación anual de septiembre a marzo, el análisis de la varianza tuvo que restringirse al periodo abril – agosto. Además, la profundidad considerada en los análisis se acotó al rango 0-35 m, rango batimétrico replicado en todos los meses muestreados (ver Tabla 1.1). El número de censos realizados mensualmente en los dos años de muestreo entre 0 y 35 m de profundidad se indican en la Tabla 6.1.

En caso de que los resultados del ANOVA indicaran diferencias significativas a pequeña escala temporal se aplicó el test a posteriori de HSD para un número desigual de replicas con el fin de identificar las diferencias.

Previamente al ANOVA se testó si las varianzas eran homogéneas mediante el test de Cochran. En caso negativo, los datos de densidad se transformaron según la función $\text{Log}_{10}(x+1)$. Si tras la transformación, el test de Cochran indica aun heterogeneidad de varianzas, se analizaron los datos originales, rebajando el nivel de significancia a $p = 0,01$ para el rechazo de la hipótesis nula (Underwood, 1997).

Tabla 6.1. Número de censos realizados mensualmente entre 0 y 35 m de profundidad durante 2007 y 2008 en las zonas de Foradada, Illot, Rates e Ensiola. Se indica en rojo los meses considerados en el análisis de varianza.

Mes/Año	2007	2008	Total
Enero		43	43
Febrero		40	40
Marzo		45	45
Abril	35	93	128
Mayo	20	78	98
Junio	87	107	194
Julio	113	64	177
Agosto	16	50	66
Septiembre	79		79
Octubre	43		43
Noviembre	36		36
Diciembre	18		18
Total	447	520	967

RESULTADOS

En la Figura 6.1 se muestra la evolución mensual de la densidad de población desde abril de 2007 hasta agosto de 2008. Los valores de densidad obtenidos oscilaron entre 0 (agosto y diciembre de 2007) y $0,72 \pm 0,15$ individuos \cdot 5min $^{-1}$ (mayo de 2008). Los índices de abundancia presentan una clara variación mensual, observándose los más bajos entre los meses de agosto y marzo, período durante el cual las abundancias se mantuvieron por debajo de 0,01 individuos \cdot 5min $^{-1}$ (excepto en Febrero). En cambio, para el período comprendido entre abril y julio, y exceptuando los respectivos máximos de 2007 y 2008, las densidades medias de *S. latus* fueron superiores, situándose en el intervalo 0,17 – 0,27 individuos \cdot 5min $^{-1}$.

El análisis de la varianza para los factores Año y Mes mostró que no existen diferencias entre los dos años, pero sí entre los meses y para la interacción Año*Mes (Tabla 6.2), indicando que los patrones mensuales en densidad difieren entre los dos años muestreados.

En 2007 no se observaron diferencias significativas en la densidad de población entre los meses de abril y agosto (Tabla 6.3). Sin embargo en 2008, *S. latus* presentó una densidad significativamente mayor en el mes de mayo que en el resto de meses analizados. En abril, junio y julio la población presentó valores de densidad similares (Tabla 6.4 y Fig. 6.3)



Figura 6.1. Densidad media (Nº de ejemplares en 5 min \pm error estándar) de *Scyllarides latus* en hábitats rocosos del PNMTAC entre 0 y 35 m de profundidad desde abril de 2007 hasta agosto de 2008.

Tabla 6.2. Resultados del análisis de la varianza de 2 factores (Mes y Año) sobre los datos de densidad de *Scyllarides latus* sin transformar. En rojo se indican las diferencias significativas ($p < 0,01$). SS: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F: F test; p: significancia.

Factores	SS	GL	MQ	F	p
Mes	6,14	3	1,53	3,36	0,001
Año	0,43	1	0,43	0,94	0,33
Año x Mes	7,55	4	1,89	4,13	0,003
Error	298,41	653	0,46		

Tabla 6.3. Resultados del análisis de la varianza del factor Mes para el año 2007 sobre los datos de densidad de *Scyllarides latus* sin transformar. SS: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F: F test; p: significancia.

Factores	SS	GL	MQ	F	p
Mes	2,74	3	0,69	2.10	0.08
Error	86,86	266	0,33		

Tabla 6.4. Resultados del análisis de la varianza del factor Mes para el año 2008 sobre los datos de densidad de *S. latus* sin transformar. En rojo se indican las diferencias significativas ($p < 0,01$). SS: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F: F test; p: significancia.

Factores	SS	GL	MQ	F	p
Mes	20.87	3	5.22	9.54	0.000
Error	211.55	387	0.55		

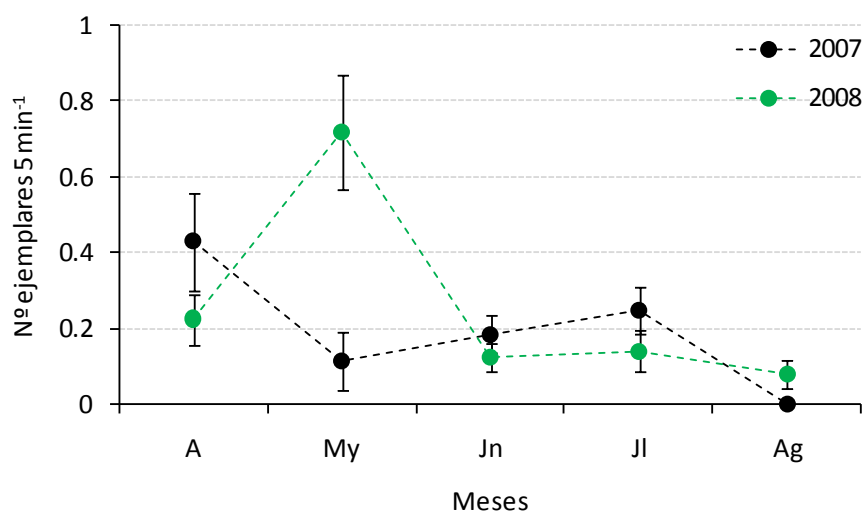
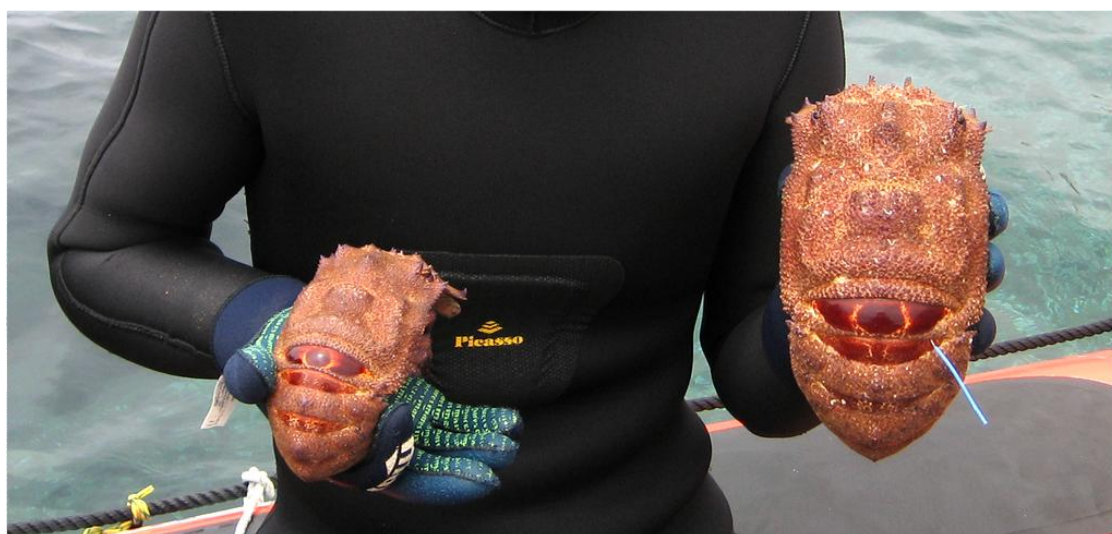


Figura 6.2. Densidad media (Nº de ejemplares en 5 min \pm error estándar) de la población de *Scyllarides latus* en hábitats rocosos del PNMTAC entre 0 y 35 m de profundidad en el periodo abril - agosto de 2007 y 2008.

Estos resultados indican por tanto una alta variabilidad interanual en la densidad de población en los meses de máxima abundancia (abril-julio), la cual se puede atribuir en parte a la presencia de grupos formados por varios individuos. Esta variabilidad interanual queda reflejada en los valores de densidad obtenidos en las mismas zonas y estrato batimétrico en junio de 2006 y mayo de 2009 con valores de 0,37 (\pm 0,09 E.E) y 0,33 (\pm 0,08 E.E) respectivamente.



7. Estructura Demográfica

OBJETIVOS

En este apartado se examina la estructura demográfica (talla media y distribución) de la población de *Scyllarides latus* en aguas del PNMTAC.

Esta especie puede llegar a alcanzar una talla de 165 LC y 3 kg de peso (Pessani & Mura, 2007). Estudios sobre la demografía de la especie en la zona litoral se llevaron a cabo en la década de los 80 en el Atlántico (Martins, 1985) y en el Mediterráneo oriental (Almog-Shtayer, 1988, citado por Spanier & Lavalli, 1998). Más recientemente Romeo *et al.*, (2004) han aportado datos sobre la estructura demográfica de la población en la zona del Estrecho de Messina (Mediterráneo central) entre 15 y 60 m de profundidad.

Los objetivos específicos planteados son:

- Identificar la estructura demográfica de la población en la zona litoral.
- Identificar si existen diferencias espaciales en estructura demográfica.
- Identificar diferencias temporales en talla media.

ANÁLISIS DE DATOS

La identificación de la estructura demográfica de la población de *S. latus* en aguas del PNMTAC se ha realizado a partir de los 352 ejemplares capturados en los que se pudo registrar el sexo y la talla (75.6% del total de ejemplares censados). Para los distintos análisis realizados la medida morfométrica de referencia ha sido la longitud del cefalotórax (LC).

La estructura de tallas de machos y hembras se comparó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov (KS) para datos agrupados (Zar, 1984). Para este análisis las tallas se han agrupados en intervalos de 5 mm de LC, ajustándolas al límite inferior de cada intervalo.

Con el fin de obtener un número representativo de individuos para realizar comparaciones espaciales, se agruparon zonas de muestreo próximas entre sí (separación máxima de 800 m entre los puntos centrales de las zonas). Zonas aisladas y con un bajo número de ejemplares capturados no se incluyeron en el análisis (Esponja: n = 3; Mal Entrador: n = 2; Estells: n = 12).

Las zonas consideradas en el análisis han sido (ver Figura 3.1):

- a) Foradada: incluye la zona 1 (Foradada) y la zona 2 (Illot).
- b) Illa des Conills: incluye la zona 4 (I. des Conills)
- c) Picamosques: incluye la zona 8 (Picamosques)
- d) Ensiola: incluye la zona 9 (Rates) y la zona 10 (Ensiola).
- e) Imperial: incluye la zona 12 (Imperial)
- f) Carabassa: incluye la zona 13 (Carabassa) y la zona 14 (Cova des Vent).
- g) Redona: incluye la zona 15 (Redona)

Para identificar si existen diferencias espaciales en talla media se realizó un análisis de varianza de dos factores: Sexo y Zona y su interacción, según el modelo:

$$X_{ijk} = \mu + Z_i + H_j + (Z_i \times H_j) + e_{ijk}$$

donde X_{ijk} es la talla de *S. latus* en un censo k para el sexo j y la zona i ; μ : es la talla media total, Z_i es el sexo; H_j es la zona; $(Z_i \times H_j)$ es la interacción entre ambos factores y e_{ijk} es el término de error.

Posteriormente al análisis de la varianza y para los factores significativos se aplicó el test para N desigual de HSD para identificar entre que niveles del factor existen diferencias.

Las diferencias temporales en talla media por sexo, se evaluaron mediante análisis de la varianza de dos factores: Sexo, Año y su interacción. En base a los resultados obtenidos en la comparación espacial y debido al bajo número de ejemplares capturados anualmente en la mayoría de las zonas, las diferencias temporales en talla media pudieron ser analizadas únicamente para el grupo de zonas denominado Foradada (incluye zona 1 y 2) y Ensiola (incluye zona 9 y 10). Estas dos zonas han sido muestreadas los 4 años de duración del estudio. Todos los análisis se realizaron mediante el paquete estadístico Statistica 6.0.

RESULTADOS

En el total de los censos se capturaron 352 ejemplares (171 hembras y 181 machos) de los cuales el 90% han presentado una LC mayor a 100 mm. En la Tabla 7.2 se detallan para cada año y sexo, el número de individuos, el rango de tallas y la talla media de los ejemplares capturados. La estructura de tallas por sexo se muestra en la Figura 7.1. Tanto los machos como las hembras presentan una distribución de tallas unimodal, con moda entre 110-115 mm LC para los machos y 120-125 mm LC para las hembras. Existen diferencias significativas entre machos y hembras en la estructura de tallas ($D_{\max} = 3,2$; $p < 0,001$). Las hembras presentan un mayor rango de tallas (71 – 140 mm) que los machos (80 – 129 mm), siendo estas diferencias más notables en las tallas mayores. Así, el 10% de las hembras presentan una talla mayor a la talla máxima de los machos (129 mm, incluido en la clase 125 mm). No obstante, las mayores diferencias en la distribución de tallas se perciben al observar que, en el caso de los machos, el percentil 90 se encuentra en la clase 115 mm, mientras que para las hembras en dicha clase solamente se encuentra el 49% de los ejemplares, siendo el 51% restante superior a la talla citada.

La talla media de las hembras ha estado comprendida entre 117,2 y 121,1 mm LC y la de los machos entre 108,4 y 110,6 mm LC. Las hembras presentan una talla media mayor que los machos, observándose estas diferencias en todos los años muestreados (Tabla. 7.1).

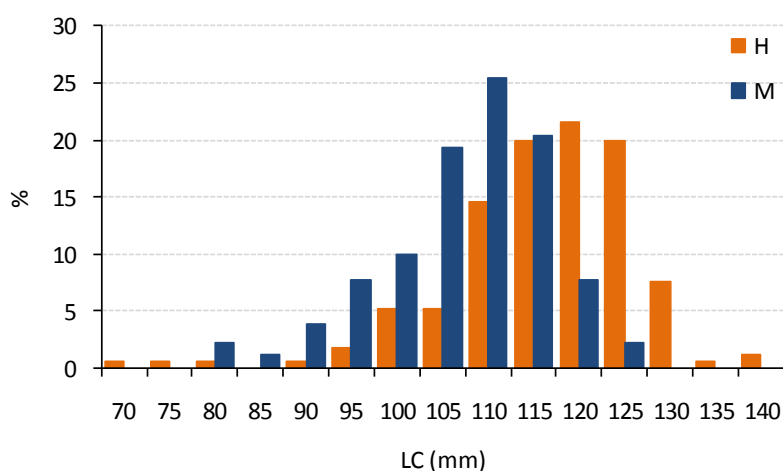


Figura 7.1.- Distribución de tallas (LC en mm) por sexos de la población de *Scyllarides latus* de 2006 a 2009 en el PNMTAC.

Tabla 7.1. Número de ejemplares de *Scyllarides latus* de ambos sexos (H: hembras; M: machos), rango de tallas (LC, mm), talla media y desviación estándar (DS), capturados en el período 2006-2009 en el PNMTAC.

Año	Sexo	N	Rango LC	LC media	DS
2006	H	40	104 - 133	121,1	7,2
	M	19	94 - 121	110,1	7,4
2007	H	37	76 – 140	117,4	12,2
	M	27	86 - 126	108,7	10,1
2008	H	80	71 – 132	117,2	11,4
	M	92	80 – 128	108,4	9,2
2009	H	14	107 – 129	119,9	6,8
	M	43	86 – 129	110,6	9,0
Total	H	171	71 – 140	118,4	10,5
	M	181	80 - 129	109,2	9,1

Los resultados del ANOVA indican que existen deferencias significativas en talla media entre sexos y entre zonas (Tabla 7.2) y que ambos factores son independientes entre sí (interacción Sexo x Zona: $p = 0,86$). En las 7 zonas consideradas en el análisis, la talla media de las hembras es significativamente mayor que la de los machos (Fig. 7.2).

La hembras capturadas en las zonas de Picamosques y Ensiola, (ambas situadas al oeste de la isla grande de Cabrera), presentan una talla media mayor a la observada en las zonas de Foradada (situada en el extremo norte del archipiélago), Redona, Carabassa (zonas expuestas a levante) e Imperial (extremo sur-este de la isla grande). Mientras que en la zona de I. des Conills las hembras presentan una talla media intermedia entre ambos grupos (Fig. 7.2).

Los machos presentan diferencias espaciales en talla media similares a las observadas en hembras (Fig. 7.2). La talla media de los machos en las zonas de I. des Conills, Picamosques y Ensiola (situadas a poniente) ha estado comprendida entre 111 y 114,6 mm LC, mientras que en el resto de zonas los valores medios están próximos a 107 mm LC. Sin embargo estas diferencias espaciales son únicamente significativas entre Carabassa (LC media = 106,0) y I. des Conills y Picamosques (LC media de 114,6 y 114,4 respectivamente).

Tabla 7.2.- Resultados del análisis de la varianza de los factores Sexo y Zona sobre los datos de talla media de *Scyllarides latus*. Se indican en rojo las diferencias significativas ($p < 0,05$). SS: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F: F test; p: significancia.

Factores	SS	GL	MQ	F	p
Sexo	3660,39	1	3660,39	41,77	0,000
Zona	4290,64	6	715,11	8,16	0,000
Sexo x Zona	344,37	6	57,40	0,65	0,686
Error	28307,26	323	87,64		

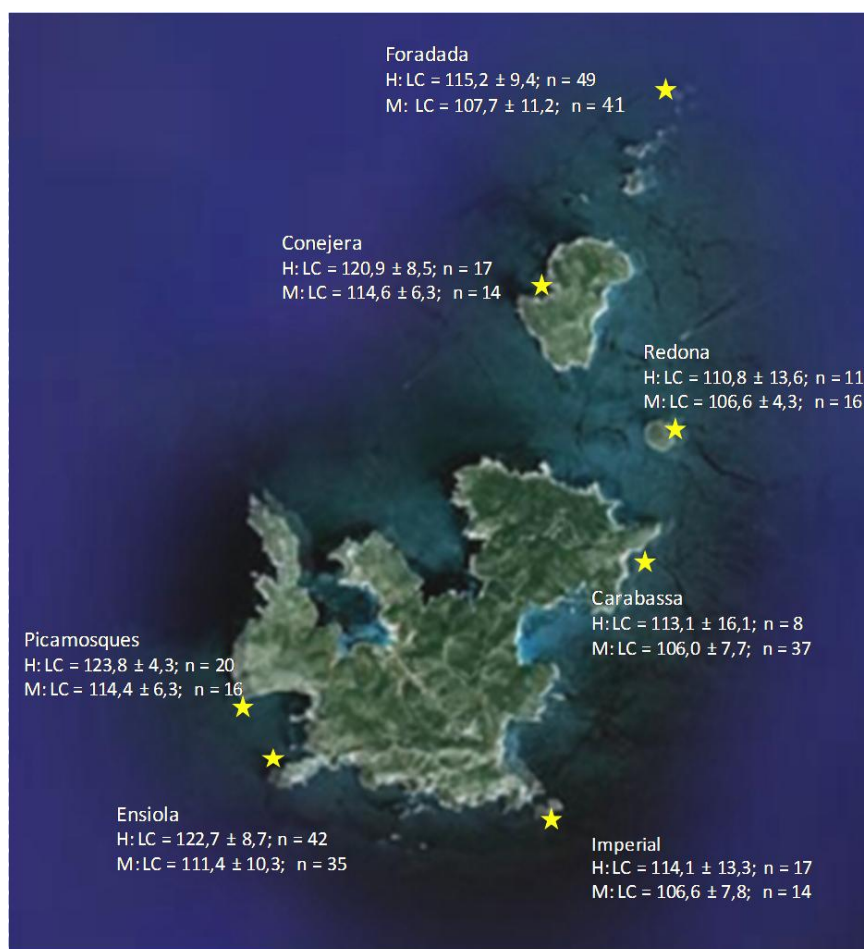


Figura 7.2.- Talla media (\pm desviación estándar) y número de hembras (H) y machos (M) de *Scyllarides latus* en las siete zonas incluidas en el análisis

La comparación de la estructura de tallas por sexos (KS) entre las siete zonas consideradas pone en evidencia que existen diferencias espaciales tanto en el rango de tallas como en la talla modal (Fig. 7.3 y Tabla 7. 3). La comparación de las distribuciones de tallas de hembras diferencia dos grupos: I. des Conills, Picamosques y Ensiola, zonas con una talla modal similar entre sí y mayor a la observada en las otras cuatro zonas (Tabla 7. 3). Estas 3 zonas se caracterizan además por una menor abundancia relativa de ejemplares de talla pequeña. Los machos presentan una mayor similitud entre zonas en la distribución de tallas (Fig. 7.3), si bien se mantiene las mismas tendencias espaciales observadas en las hembras (Tabla 7.3). Los machos de mayor talla son relativamente menos abundantes en las zonas situadas a levante (Imperial, Carabassa y, Redona) y norte (Foradada) del archipiélago.

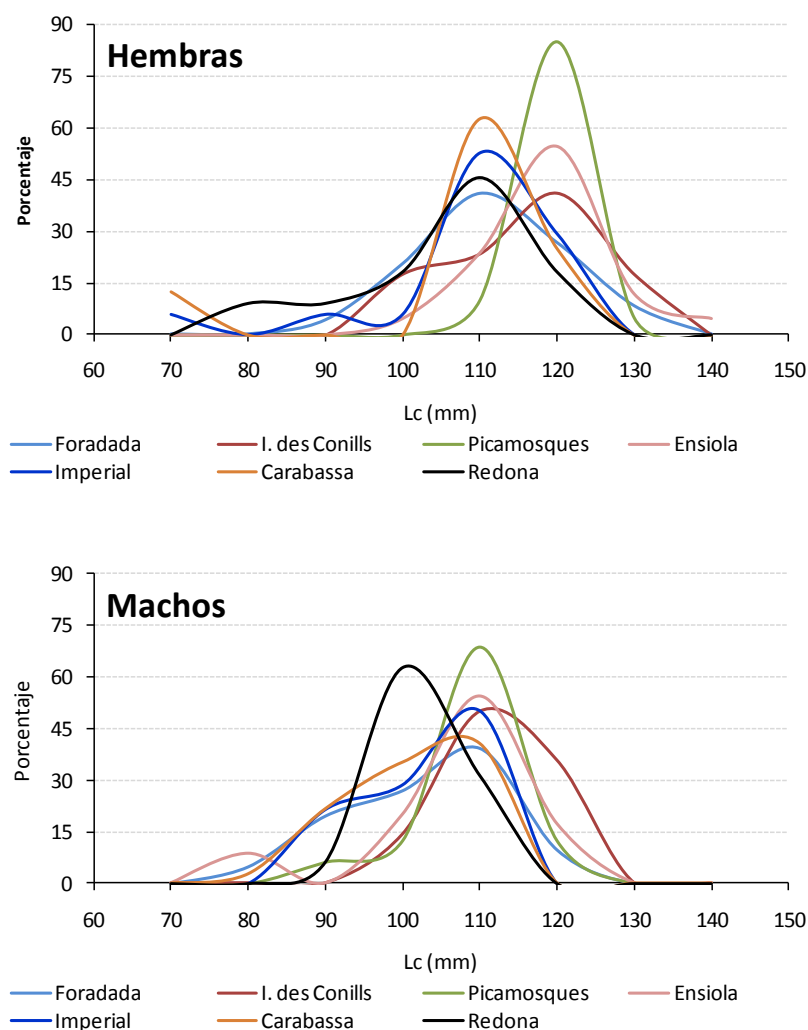


Figura 7.3.- Distribución de tallas (LC en mm) de hembras y machos de *Scyllarides latus* en las siete zonas consideradas en el análisis de diferencias espaciales en talla media.

Los resultados del análisis de varianza indican que no existen diferencias en talla media entre los cuatro años de muestreo para ninguna de las dos zonas consideradas (Ensiola y Foradada) (Tabla 7.4). En ambas zonas las hembras presentan una talla media significativamente mayor a los machos y estas diferencias se mantienen en los cuatro años muestreados (interacción: $p > 0.05$).

Tabla 7.3.- Talla (LC en mm) modal, mediana, rango de tallas y primer y tercer cuartil (Q1 y Q3) de la distribución por sexo de *Scyllarides latus* en las siete zonas consideradas en el análisis espacial.

	Zonas agrupadas	Rango LC (mm)	Moda	Mediana	Q ₁	Q ₃
Hembras	Foradada	91 - 135	121	115	111	121
	I. Des Conills	104 - 130	130	121	118	128
	Picamosques	113 - 131	123	123,5	121,5	127,5
	Ensiola	100 - 140	129	123,5	119	129
	Imperial	71 - 127	115	115	112	120,5
	Carabassa	76 - 129	118	116	112,5	121,5
	Redona	82 - 129	118	113	104	118
	Total Hembras	71 - 140	121	120	113	125
Machos	Foradada	81 - 129	115	109	100	115
	I. Des Conills	101 - 123	115	121	118	128
	Picamosques	98 - 121	117	117	112,7	118,5
	Ensiola	80 - 128	114	114	109	117,5
	Imperial	93 - 118	110	106	102	111
	Carabassa	86 - 117	111	107	102	111
	Redona	96 - 112	102	107	105.5	110
	Total Machos	80 - 129	115	111	104	115

Tabla 7.4.- Resultados del análisis de la varianza de los factores Sexo y Año sobre los datos de talla media de *Scyllarides latus* en las zonas de Foradada y Ensiola. Se indican en rojo las diferencias significativas ($p < 0,05$). SS: suma de cuadrados; GL: grados de libertad; MQ: media cuadrática; F: F test; p: significancia.

Zonas	Factores	SS	GL	MQ	F	p
Foradada	Sexo	650,45	1	53,78	5,95	0,000
	Año	161,34,	3	76,08	0,49	0,69
	Sexo x Zona	228,22	3	109,31	0,70	0,58
	Error	8963,77	82	93,42		
Ensiola	Sexo	1250,81	1	1250,81	13,39	0,000
	Año	100,43	3	33,48	0,36	0,78
	Sexo x Zona	132,10	3	44,02	0,47	0,70
	Error	6445,74	69	93,42		

8. Agregación de *Scyllarides latus*

OBJETIVOS

En base a las observaciones realizadas en un arrecife artificial y al comportamiento de ejemplares en cautividad, se ha considerado a *Scyllarides latus* como una especie gregaria (Spanier & Almong-Shtayer, 1992). Estos autores observaron que en arrecifes artificiales el 95% de los ejemplares cohabitan con uno o más congéneres. Se ha propuesto que estas agregaciones pueden responder a comportamientos cooperativos de defensa, migraciones estacionales o comportamientos dirigidos a la búsqueda de refugios en zonas desconocidas "guide-effect" (Spanier *et al.*, 1988; Spanier & Almong-Shtayer, 1992; Childrens & Jury, 2006), comportamientos que involucrarían de forma similar a ambos sexos. Sin embargo, la formación de grupos puede también deberse al comportamiento reproductor como se ha observado en otras especies de grandes decápodos (Childrens & Jury, 2006; MacDiarmid & Mainte-Marie, 2006), y en este caso la sex ratio de los grupos observados diferiría de la sex ratio poblacional.

En este apartado se evalúa si *S. latus* presenta un comportamiento gregario o solitario en el medio natural a lo largo del ciclo anual y se analiza si la tendencia a formar grupos es independiente del sexo.

ANÁLISIS DE DATOS

Los cambios temporales en el grado de agregación que presenta *Scyllarides latus* se han analizado mediante el índice de hacinamiento (IH) de Lloyds "mean crowding" (Lloyds, 1967). En comparación con otros índices de agregación, este índice presenta la ventaja de ser independiente de la densidad, lo cual permite comparar especies con distinta densidad o para una misma especie comparar años, épocas o hábitats con distinta densidad de población, como es el caso de *Scyllarides latus*. Asimismo y debido a que su cálculo se basa en los ejemplares observados, no en la densidad, su valor es independiente del hábitat muestreado al no influir los muestreos realizados fuera del rango de distribución de la especie (tales como profundidad, hábitat o época) en los que no se observa ningún individuo (Bez, 2000). Para este análisis se han seleccionado los datos tomados con periodicidad mensual desde abril de 2007 hasta agosto de 2008.

El índice de hacinamiento se define como el número de "vecinos" que presenta un determinado individuo:

$$I.H = \frac{\sum_i (q_i - 1) * q_i}{\sum_i q_i}$$

donde q_i es el número de ejemplares observados por unidad de muestreo. La unidad de muestreo considerada ha sido un minuto de censo, periodo de tiempo durante el cual se muestrean aproximadamente 10 m² de superficie.

Como se indicó en el apartado de metodología, a cada ejemplar observado durante el censo se le ha asignado un grupo o grado de agregación, el cual se define como el número de individuos en un área de 1 m de radio.

Con el fin de evaluar la hipótesis de igualdad de sex-ratio entre individuos agrupados y no agrupados se han comparado las frecuencias observadas de machos y hembras con las frecuencias esperadas para una equi-distribución entre sexo y grupo. El análisis se ha realizado a partir de tablas de contingencia con el test de χ^2 .

RESULTADOS

De los 463 ejemplares censados durante todo el estudio, 69% se han observado solitarios, 17.6% en grupos de dos y 13.4% en grupos de 3 a 10 ejemplares (Fig. 8.1). Existen importantes fluctuaciones a lo largo de un ciclo anual en el nivel de agregación de la especie (Fig.8.2). A pesar de que el índice de hacinamiento alcanza valores más altos en 2008 que en 2007, la tendencia de la especie a formar grupos presenta una alta sincronía interanual. El índice de hacinamiento presenta una distribución bimodal en los dos años muestreados, con valores máximos en mayo y julio, meses en los que aproximadamente el 50% de la población forma grupos de 2 o más individuos, mientras que en junio, y desde finales de verano a principios de primavera los ejemplares tienden a presentar un comportamiento solitario.

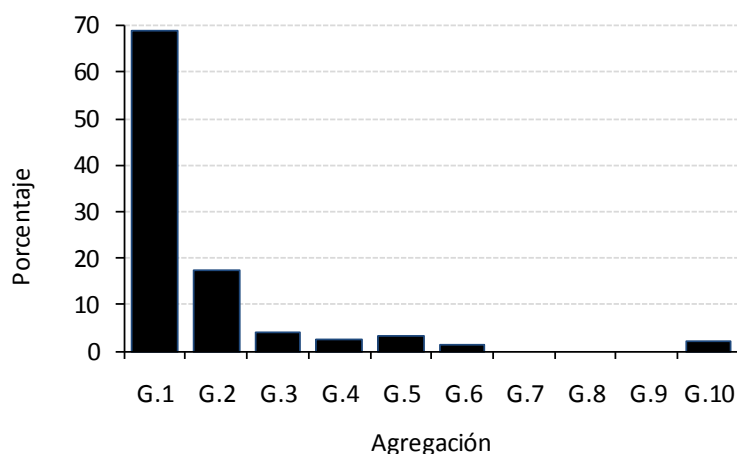


Figura 8.1.- Porcentaje de ejemplares de *Scyllarides latus* observados solitarios (G.1), en grupos de 2 (G.2), 3 (G.3), 4 (G.4), 5 (G.5), 6 (G.6) y 10 (G.10) individuos.

Existen diferencias significativas en la sex ratio de los ejemplares que se distribuyen agrupados y no agrupados ($\chi^2_{0,05, 2} = 9,83$, $p = 0,007$). Los ejemplares no agrupados (solitarios o en grupos de 2) presentan igual proporción de machos y hembras ($\chi^2_{0,05, 1} = 0,12$, $p = 0,73$), no difiriendo la sex-ratio de ambos grupos de la proporción 1:1 esperada ($\chi^2_{0,05, 1} = 1,09$, $p = 0,30$). Por el contrario en los grupos formados por 3 o más individuos la sex ratio es significativamente diferente de la proporción 1:1 esperada ($\chi^2_{0,05, 1} = 8,65$, $p = 0,003$). En estos grupos los machos son predominantes representando el 70% de los ejemplares (Fig. 8.3).

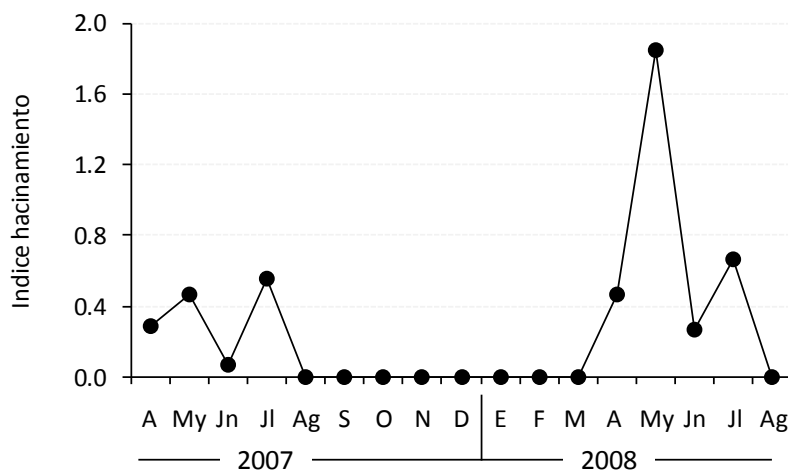


Figura 8.2.- Evolución mensual del índice de hacinamiento de *Scyllarides latus* desde abril de 2007 hasta agosto de 2008.

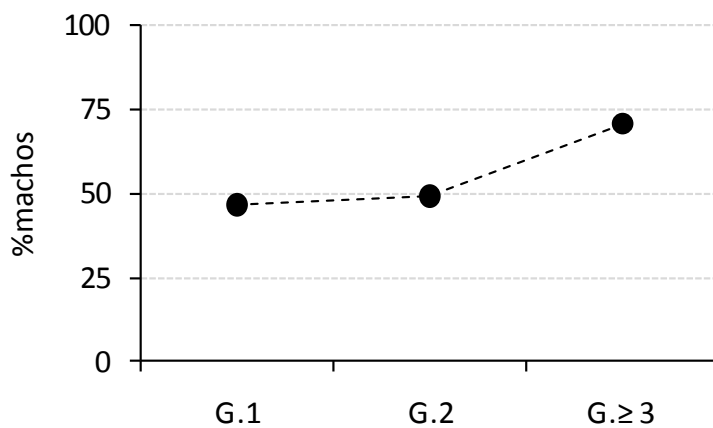
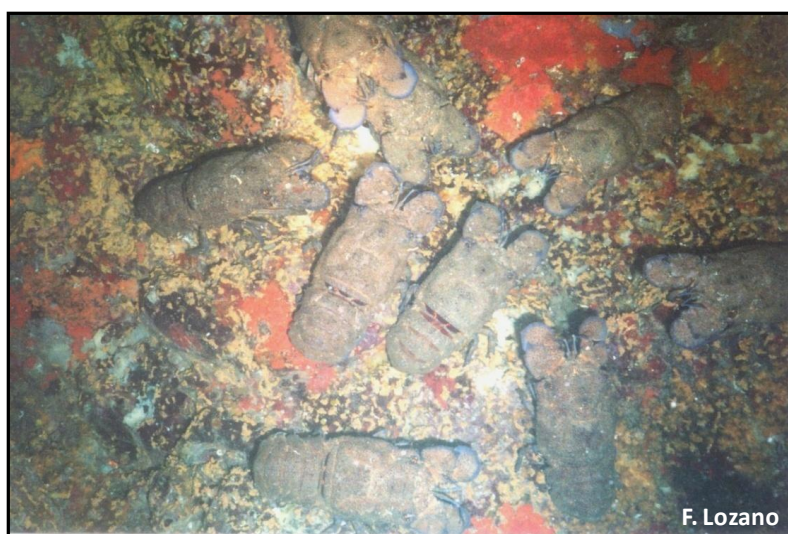
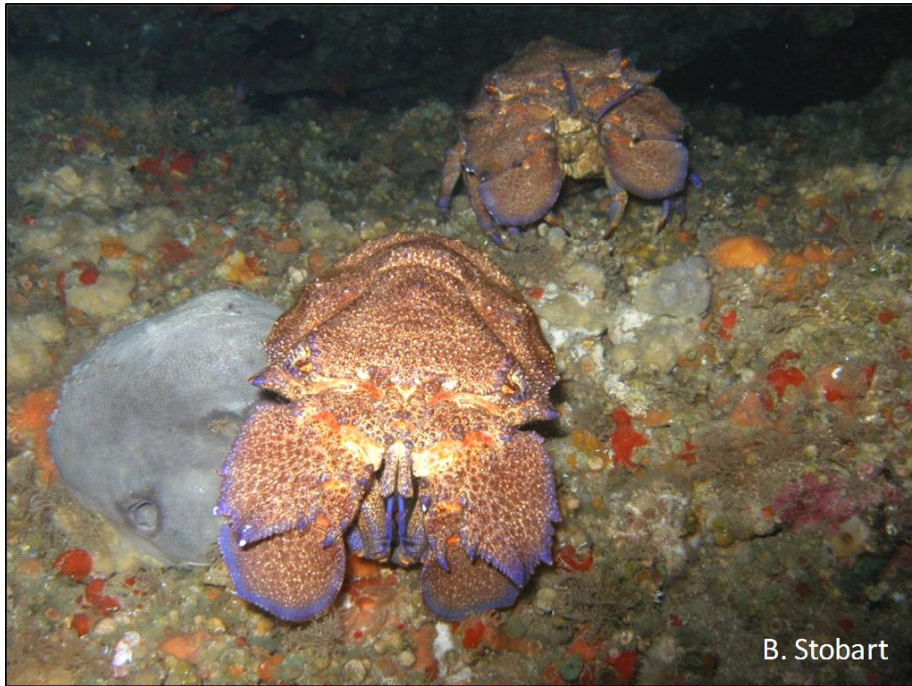


Figura 8.3.- Proporción de machos de *Scyllarides latus* en función del grado de agregación de los ejemplares. G.1: ejemplares solitarios; G.2: ejemplares en grupos de dos y G.≥ 3: ejemplares en grupos formados por 3 o más individuos.





B. Stobart

9. Movimientos

OBJETIVOS

El estudio del patrón de movimientos de *Scyllarides latus* tiene como objetivos:

- Identificar la amplitud de los movimientos y fidelidad espacial de la especie.
- Determinar la relación entre la distancia recorrida y el tiempo en libertad.
- Identificar si existe afinidad temporal por un tipo de hábitat.

Estudios sobre el patrón de movimientos de *Scyllarides latus* se han realizado en Israel (Spanier *et al.*, 1988) y Sicilia (Bianchini *et al.*, 2001). En ambos estudios las marcas utilizadas han sido del tipo T-Bar, similares a las utilizadas en el presente trabajo. Para este tipo de marcas, y en ejemplares mantenidos en cautividad, se ha estimado la viabilidad de varios sistemas de marcado con el fin de minimizar la pérdida de marca y reducir el potencial efecto pernicioso de la misma en el momento de la ecdisis (Spanier & Barshaw, 1993).

ANÁLISIS DE DATOS

El estudio de los movimientos de *S. latus* se ha realizado a partir de los datos de recaptura obtenidos de 2006 a 2009. Como se indicó en el apartado de metodología, los ejemplares se han marcado en la embarcación y se han liberado en el punto central de la zona en la que habían sido capturados. Para estimar la amplitud de los desplazamientos horizontales en cada zona de muestreo se han definido 4 subzonas a distancias crecientes alrededor de su punto central: de 100 m de radio, entre 100 y 250 m, entre 250 y 500 m y a más de 500 m de distancia. La amplitud del movimiento se ha estimado como la distancia mínima entre i) el punto central de la zona de liberación y el límite exterior de la zona de recaptura; y ii) en el caso de recapturas obtenidas por los pescadores, como la distancia mínima entre el punto central de la zona de liberación y la posición GPS aportada por el pescador.

Para identificar la afinidad por el tipo de hábitat (cueva, pared, talud y bloque) se ha testado la hipótesis nula de independencia entre el hábitat de captura y recaptura. Para ello se han comparado las frecuencias observadas de igualdad y desigualdad de hábitat de captura y recaptura con las frecuencias esperadas para una distribución 3:1. Este análisis se ha realizado mediante test de χ^2 .

RESULTADOS

De los 306 ejemplares marcados durante la duración del estudio se han recuperado 48: 27 machos, y 21 hembras, dos de los cuales se han recapturado 2 veces, con un tiempo en libertad comprendido entre 4 y 1063 días. Del total de recapturas únicamente 4 han sido comunicadas por los pescadores artesanales. Los ejemplares se han recapturado en los meses de invierno, primavera y verano. La tasa de recaptura total (sin considerar los ejemplares marcados en 2009) ha sido del 18.3%, recapturándose el 15% de las hembras y el 22% de los machos marcados.

El rango de tallas de las recapturas ha estado comprendido entre 94 y 129 mm de LC en machos y entre 100 y 140 mm LC en hembras, no existiendo diferencias significativas en la distribución de tallas de la población marcada y recapturada (test KS: hembras: $D_{max} = 0,032$; $p > 0,05$; machos:

$D_{max} = 0,14$; $p > 0,05$) (Fig.9.1). Por tanto la estimación de los movimientos, fidelidad y afinidad por el tipo de hábitat es aplicable a toda la población observada durante la duración del estudio.

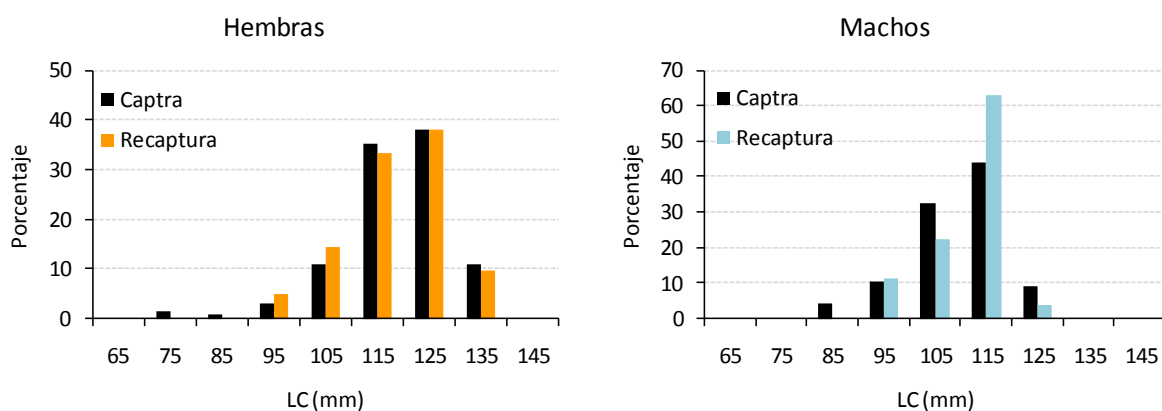


Figura 9.1.- Distribución de talla (LC en mm) por sexo de los ejemplares de *Scyllarides latus* marcados y recapturados. Datos de talla agrupados en 10 mm LC. En el eje x se indica la marca de clase del intervalo de talla.

Todos los ejemplares se han recapturado en la misma zona en la que fueron liberados. La distancia recorrida por los ejemplares recapturados por los pescadores ha estado comprendida entre 84 y 480 m. De los ejemplares recapturados en inmersión, 36 (81,8%) se han recapturado a una distancia máxima de 100 m del punto de liberación, 5 (11,4%) a una distancia máxima de 250 m y 3 (6,8%) a una distancia máxima de 500 m. Ningún individuo se recapturó a más de 500 m de distancia. Los datos indican que no existe relación entre la distancia recorrida y el tiempo en libertad (Fig. 9.2).

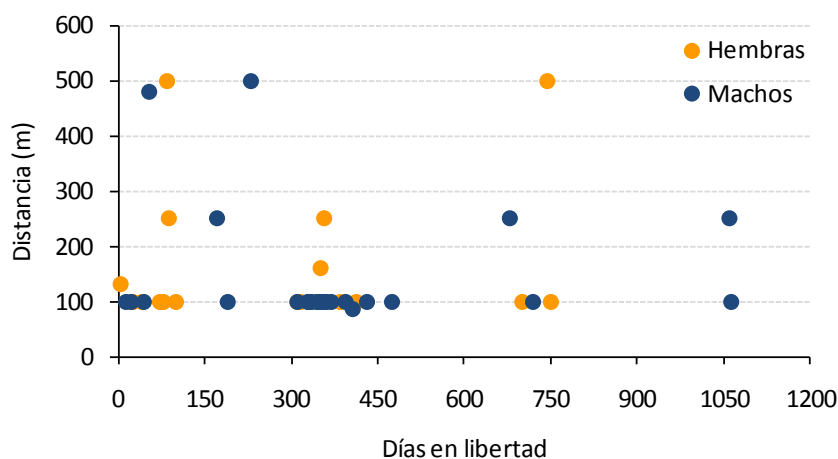


Figura 9.2.- Distancia recorrida (m) en función del tiempo entre captura y recaptura de los ejemplares de *Scyllarides latus* recapturados entre 2006 y 2009.

De los ejemplares recapturados en inmersión el 52,3% se han recapturado en cuevas, el 20,4% en pared y el 27,3% en bloques. Los individuos presentan una gran afinidad por el tipo de hábitat ($\chi^2_{0,05;1} = 43.8$; $p < 0.001$), siendo mayor en los ejemplares capturados en cuevas y en bloques que

en los capturados en pared (Fig. 9.3). Así el 84% de los ejemplares recapturados en cuevas y el 75 % de los recapturados en bloques habían sido capturados en el mismo tipo de hábitat. Esta afinidad por el tipo de hábitat se ha observado tanto en ejemplares recapturados el mismo año como en ejemplares que han permanecido más de 3 años en libertad.

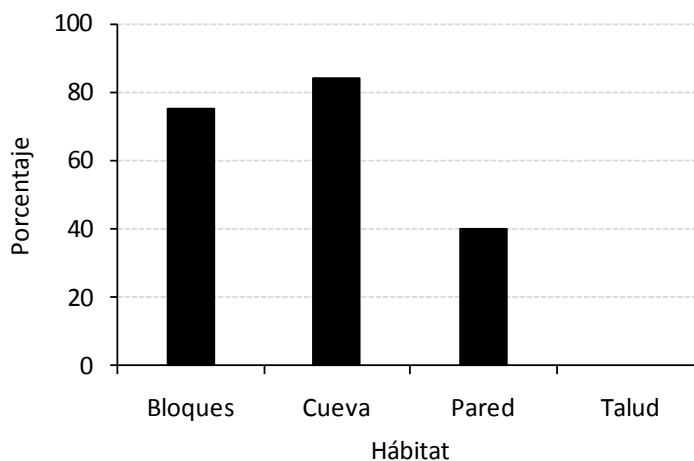


Figura 9.3.- Proporción de ejemplares de *Scyllarides latus* recapturados en el mismo tipo de hábitat en el que habían sido capturados.

En resumen los datos de recaptura parecen indicar una alta fidelidad espacial y gran afinidad por el tipo de hábitat de los ejemplares, evidenciando que el talud es un hábitat transitorio, mientras que las paredes y más específicamente los bloques y las cuevas son hábitats preferenciales.

En base a los datos de recaptura y a los cambios estacionales en densidad, se plantean dos hipótesis: la primera postula que esta especie presenta una movilidad espacial muy reducida, y que desde finales de verano a principios de primavera los individuos permanecen en la zona presentando un comportamiento más críptico durante el día por lo que no son observados con el método de evaluación utilizado. La segunda supone que después de la reproducción los individuos abandonan los hábitats rocosos de la zona litoral, migrando a mayor profundidad o distribuyéndose en otro tipo de hábitats, pero regresando cada año a la misma zona donde tiene lugar la reproducción.



B. Torres

10. Patrón Reproductivo

OBJETIVOS

El objetivo que se aborda en este apartado es conocer el patrón reproductivo de la población de *Scyllarides latus* en aguas de Baleares, requisito básico para poder establecer medidas de gestión (espaciales, temporales o tallas mínimas de captura) adecuadas para su conservación y explotación. La información sobre la época de reproducción de *S. latus* proviene de estudios realizados en las poblaciones atlánticas de Cabo Verde (Franca *et al.*, 1959 y 1961, citado por Martins, 1985) y Azores (Martins, 1985) y en poblaciones del Mediterráneo oriental (Almog-Shtayer, 1988, citado por Spanier & Lavalli, 1988; Spanier *et al.*, 1988), no existiendo información de sus poblaciones en el Mediterráneo occidental.

Los objetivos específicos planteados son:

- Identificar la época de reproducción
- Conocer la proporción de sexos de la población.
- Estimar la talla de primera madurez.

ANÁLISIS DE DATOS

Con el fin de evaluar diferencias mensuales en la sex-ratio se han comparado las frecuencias observadas por sexo con las frecuencias esperadas para una distribución 1:1 mediante test de χ^2 . En el análisis se han incluido los meses en los que el número de ejemplares capturado ha sido \geq a 20 (de abril a julio). Para evaluar la hipótesis de igualdad en sex-ratio entre los 4 meses considerados en el análisis se han sumado los ejemplares de cada sexo capturados durante el mismo mes en los cuatro años de muestreo. Previamente se ha comprobado que no existen diferencias significativas entre años para el mismo mes.

El periodo de actividad reproductora se ha determinado en base a la frecuencia relativa de hembras ovígeras en la población y el ciclo reproductor en base a la evolución quincenal de los distintos estados de madurez de la puesta. Se han definido 6 estados de madurez basados en el aspecto y color de la puesta según una modificación de la escala de madurez propuesta por Martins (1985). Warner (1977) indicó que en los crustáceos el color de los huevos cambia a medida que el vitelo es utilizado y el contorno del embrión comienza a ser visible. Los ojos y los cromatóforos son las primeras estructuras observables a través de la membrana y posteriormente el contorno del cefalotórax y abdomen. Por tanto se puede determinar una evolución temporal (cambio de estado de madurez) a partir de los cambios de coloración de la puesta. Bianchini & Ragonese (2003) asociaron el color de los huevos con los distintos estados de desarrollo embrionario de *S. latus*. La definición de los 6 estados de madurez considerados y su correspondencia con las distintas fases larvarias identificadas por los autores citados anteriormente se indican en la Tabla 10.1 y en la Figura 10.1.

TABLA 10.1.- Definición macroscópica de los estados de madurez de la puesta de *Scyllarides latus* y su correspondencia con la fase de desarrollo embrionario según Bianchini & Ragonese (2003).

Estado	Definición	Fase embrionaria
1	Huevos amarillo-anaranjados. Puesta compacta con los huevos poco separados entre sí. El espermátforo puede ser visible	Inicio de la segmentación
2	Huevos de color naranja, ojos no visibles a través de la membrana.	Nauplius
3	Huevos de color naranja brillante. Son visibles a través de la membrana los ojos del embrión.	Pre-naupliosoma
4	Huevos de color naranja rojizo: A través de la membrana son visibles los ojos y cromátóforos de la larva.	Naupliosoma
5	Huevos de color marrón anaranjado: indica el inicio de la eclosión de la puesta	Naupliosoma
6	Final de puesta: Sedas de color blanco sucio, pudiendo quedar entre ellas algunos huevos dispersos que no han sido liberados.	

La talla a la cual el 50% de las hembras alcanzan la madurez sexual (LC_{50}) se ha estimado ajustando una curva logística a la proporción de hembras ovígeras agrupadas por intervalo de talla de 10 mm, según el modelo propuesto por Sparre & Venema (1992):

$$Mad = \frac{1}{1 + e^{(a+b * LC)}}$$

donde a y b son los parámetros de la ecuación logística y $LC_{50} = \frac{a}{b}$

La estimación de la LC_{50} en machos no se ha podido realizar al no identificarse caracteres externos que permitan determinar su madurez, tales como la presencia de espermátforos próximos a las aberturas genitales indicados por Martins (1985) y Spanier & Lavalli (1998).

RESULTADOS

En el total de censos realizados desde 2006 a 2009 se han observado 462 ejemplares de *S. latus*, capturándose 352 (75,6 %): 171 hembras y 181 machos.

La población de *S. latus* presenta diferencias significativas en sex-ratio a lo largo del ciclo reproductor (mayo a julio) ($\chi^2_{0,05; 3} = 22,2$; $p < 0,001$). En el mes de mayo, coincidiendo con el inicio de la época de reproducción, los machos son predominantes en la población ($\chi^2_{0,05; 1} = 15,6$; $p < 0,001$) (Fig. 10.2). Por el contrario en los meses de abril, junio y julio las hembras son más abundantes, llegando a representar cerca de un 60%, aunque, estas diferencias no son significativamente distintas de la proporción 1: 1 esperada (abril: $\chi^2_{0,05; 1} = 1,3$; $p = 0,25$; junio: $\chi^2_{0,05; 1} = 3,1$; $p = 0,07$; julio: $\chi^2_{0,05; 1} = 2,7$; $p = 0,10$).

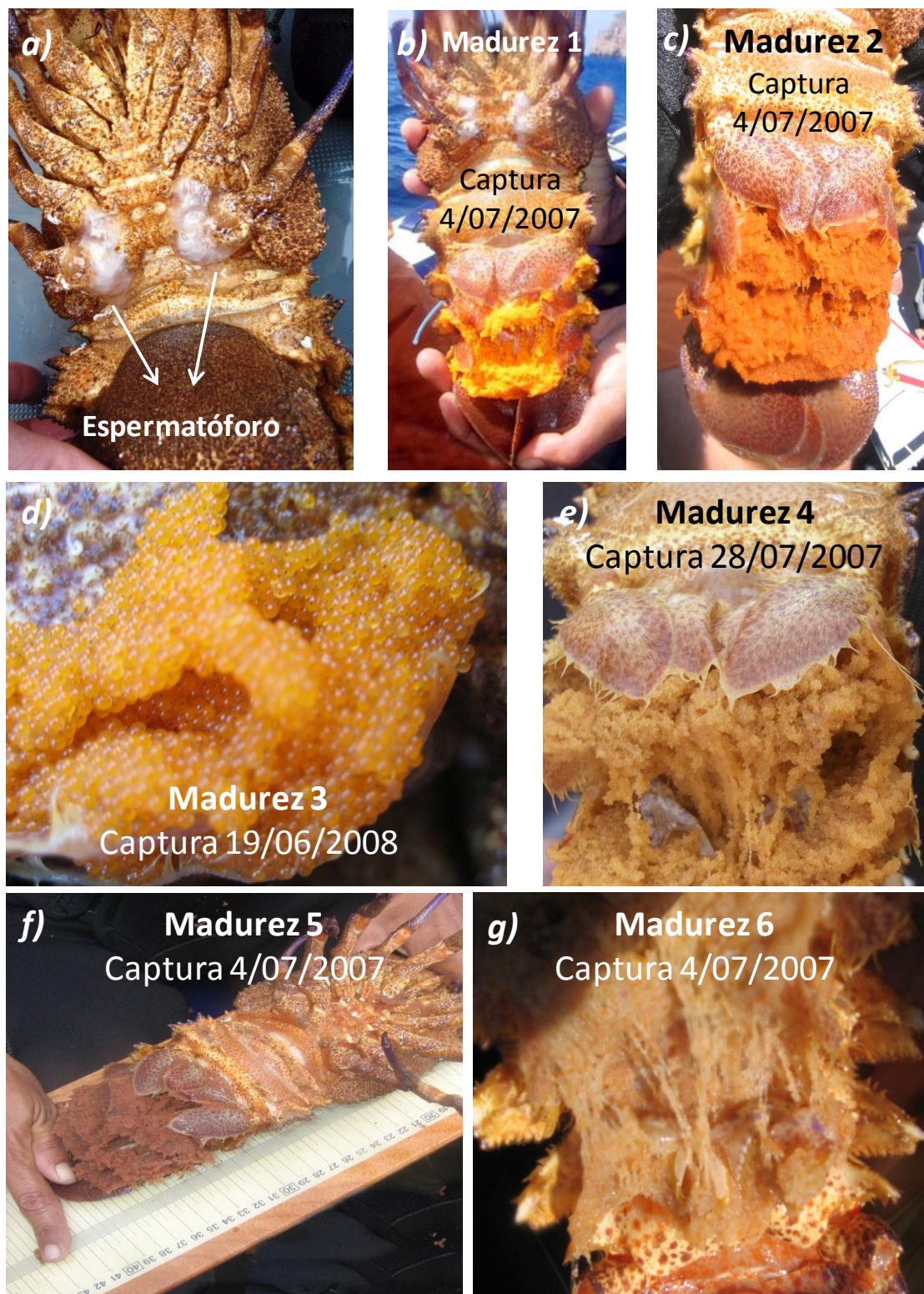


Figura 10.1.- Estados de desarrollo de *Scyllarides latus*. a) hembra no ovígera con espermatóforo capturada en una agregación; b) hembra con espermatóforo en madurez 1; c) madurez 2; d) detalle de huevos en los que se observan puntos negros correspondientes a los ojos del embrión, madurez 3; e) madurez 4; f) madurez 5 y g) madurez 6; detalle de las sedas y restos de huevos después de la liberación de la puesta . Se indica la fecha en la que se han capturado los ejemplares.

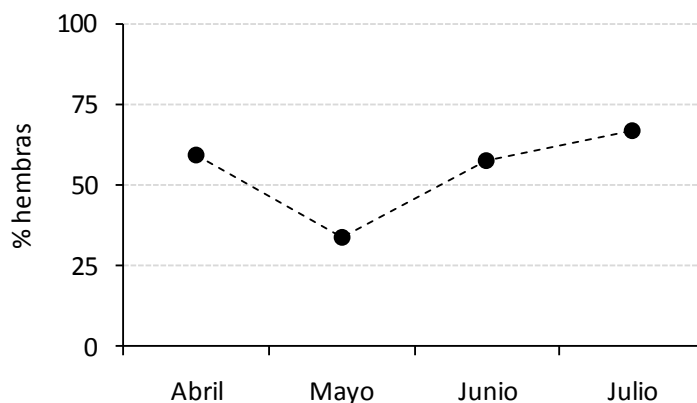


Figura 10.2.- Proporción de hembras de *Scyllarides latus*. Los años en que se han muestreado los 4 meses considerados en el análisis han sido: abril: años 2007 y 2008; mayo: años 2007,2008 y 2009; junio: años 2006, 2007 y 2008; julio: años 2007 y 2008.

Hembras ovígeras de *S. latus* se han observado desde principios de mayo a principios de agosto (Fig. 10.3) con un máximo durante el mes de junio (96%). Las hembras en estado de madurez inicial son más frecuentes en mayo (80% de las hembras maduras), disminuyendo progresivamente a medida que avanza la época de reproducción, pero estando presentes en la población hasta mediados de julio, mes en el que representan en 11% de las hembras maduras (Fig. 10.4). Esta larga permanencia de hembras ovígeras al inicio del desarrollo concuerda con las observaciones de hembras con espermatóforo realizadas a lo largo del estudio. De 2007 a 2009 se han capturado 5 hembras con espermatóforo, 4 de ellas ovadas, en los meses de mayo (2), junio (1) y julio (2). La presencia de hembras con espermatóforo de mayo a julio indica que el apareamiento puede tener lugar durante un extenso lapso de tiempo.

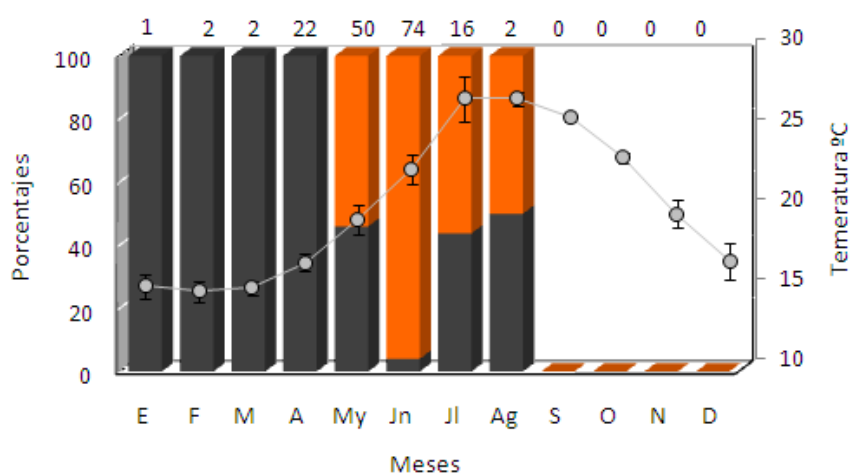


Figura 10.3.- Porcentaje de hembras ovígeras (naranja) y no ovígeras (negro) de *Scyllarides latus* a lo largo de un ciclo anual y temperatura media en °C (\pm desviación estándar) (eje secundario). Los datos de temperatura superficial del agua son el promedio mensual de 2006 a 2009. En la parte superior de la gráfica se indica el número total de hembras censadas cada mes.

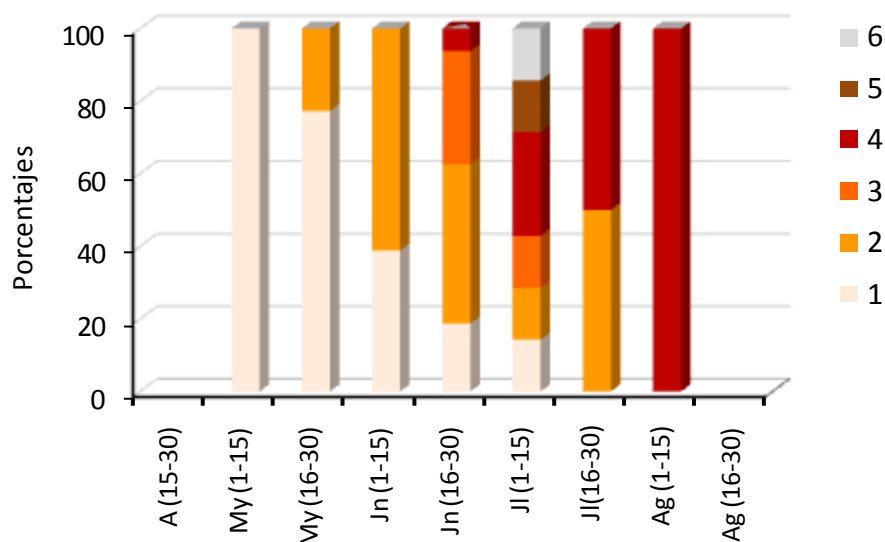


Figura 10.4.- Porcentaje relativo de hembras ovígeras de *Scyllarides latus* en los seis estados de madurez considerados. Los datos se dan con frecuencia quincenal.

La eclosión de la puesta, identificada por la presencia de hembras en estado de madurez 5 y 6, se inicia a principios de julio y se extiende hasta principios de agosto (Fig. 10.4) coincidiendo con las máximas temperaturas medias superficiales en la zona (Fig. 10.3). El tiempo transcurrido entre la primera hembra ovígera y la primera hembra en madurez final (estados 5 y 6) observadas en un mismo ciclo anual se puede considerar una aproximación a la duración del periodo de incubación de la puesta. En base a los datos obtenidos en 2007, año en que se capturaron hembras en los 6 estados de madurez identificados, se ha estimado un tiempo de incubación de 29 días. Cabe señalar la baja incidencia de hembras ovígeras en los estados finales de madurez a pesar del alto esfuerzo de muestreo realizado durante toda la época de reproducción. Ello podría deberse a una menor duración de estos estados de madurez, disminuyendo por tanto la probabilidad de su observación, pero también a un cambio en la distribución (hábitat, profundidad) o comportamiento que las hace menos accesibles al método de muestreo.

Un total de 138 hembras (rango de tallas: 71 – 135 mm LC) capturadas entre 2006 y 2008 durante la época de reproducción se han utilizado para estimar la talla de primera madurez. La hembra ovígera de menor talla censada presentaba una longitud de cefalotórax de 98 mm. La talla a la cual el 50% de las hembras alcanzan la madurez sexual se ha estimado en 98 mm LC (modelo logístico 95% IC: 94 – 102 mm LC), alcanzándose la madurez sexual en un estrecho intervalo de tallas (Fig. 10.5). En base a las relaciones biométricas obtenidas la LC_{50} corresponde a una LT_{50} de 224 mm y a una LC_{LEGAL} de 83 cm. La equivalencia entre LC y LC_{LEGAL} se considera una aproximación debido al bajo número de ejemplares sobre el cual ha sido estimada (ver apartado crecimiento).

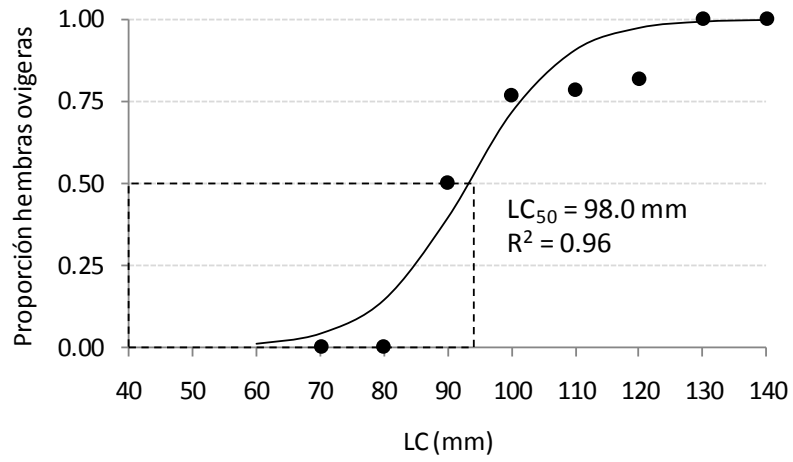


Figura 10.5.- Proporción de hembras ovígeras de *Scyllarides latus* por intervalo de tallas de 10 mm LC.

11. Crecimiento

OBJETIVOS

El crecimiento en crustáceos se ha abordado a partir de métodos de distribución de frecuencias de tallas, métodos directos mediante aproximación gráfica entre talla de las pre-exuvias y post-exuvias y estudios de marcado y recaptura. En condiciones naturales, para poblaciones con poca variabilidad en las clases de talla y pocos ejemplares, como es el caso de la especie objeto de estudio, la metodología propuesta es el marcado y recaptura. Este método presenta, sin embargo, dificultades por la pérdida de marca o la alteración de la duración del periodo de intermuda debido al mismo proceso de marcado.

Para *Scyllarides latus* se han realizado diversos estudios que han incorporado técnicas de marcado y recaptura, pero únicamente el realizado por Bianchini *et al.*, (2001) ha estado dirigido a estimar el crecimiento a la muda y los parámetros de crecimiento para la especie. Los parámetros de crecimiento estimados han estado basados en 59 ejemplares mantenidos en cautividad que mudaron al menos una vez a lo largo de los 2 años de duración del estudio. Además, y debido a la buena adaptación de la población adulta a condiciones de cautividad se ha identificado la época y duración del proceso de muda (Spanier *et al.*, 1988; Chessa *et al.*, 1996; Spanier & Lavalli, 1998; Bianchini *et al.*, 2001).

En este apartado se presentan los primeros resultados del análisis de datos de marcado-recaptura dirigidos a estimar los parámetros de crecimiento de *S. latus* en condiciones naturales. Además se analiza el crecimiento entre el cefalotórax y el abdomen y se estima la época de muda.

A pesar del bajo número de recapturas obtenido hasta la fecha hemos abordado el crecimiento debido a la escasa información que existe. Teniendo en cuenta que el crecimiento y la edad son dos de los parámetros indispensables en la gestión de las poblaciones explotadas, consideramos que la información obtenida aporta unos datos de base necesarios para la gestión de esta especie.

ANÁLISIS DE DATOS

La relación entre las distintas medidas morfométricas realizadas (LC, LT, LC-LEGAL), tomando como referencia la longitud del cefalotórax, han sido analizadas ajustando una regresión lineal. La hipótesis de igualdad de pendientes entre machos y hembras de la relación LC vs LT ($H_0: b_m = b_h$) y de isometría del crecimiento ($H_0: b = 1$) se han testado mediante t-Student (Zar, 1996).

La identificación del periodo de muda se ha realizado a partir de dos caracteres externos del exoesqueleto: dureza del cefalotórax y abundancia relativa de incrustaciones (epibiontes mayoritariamente verméticos). Se han establecido 3 niveles de dureza (blando, medio y duro) y 4 niveles de incrustaciones (de 0: ausencia a 3 alta). Según Spanier & Lavalli (1998) y Bianchini *et al.* (2001) en *S. latus* el exoesqueleto empieza a presentar una consistencia más blanda entre 10 y 22 días antes de realizarse la muda, y se endurece totalmente 3 semanas después de la ecdisis. Asimismo estos autores indican que los ejemplares que han mudado recientemente son "fácilmente" identificables por presentar un exoesqueleto "claro y limpio" que se oscurece y recubre de epibiontes con el tiempo. La evolución temporal de la abundancia relativa de ejemplares con exoesqueleto blando y de ejemplares sin incrustaciones se puede considerar por tanto como una primera aproximación a la estimación de la época de muda. La hipótesis nula de igualdad a lo largo del ciclo anual de la proporción de ejemplares con y sin incrustaciones se ha

evaluado mediante test χ^2 de tendencia de Cochran (Zar, 1996). Se han incluido en el análisis los meses en los que el número de ejemplares capturados ha sido mayor a 20 (abril-julio) para todo el periodo de muestreo (2006 a 2009).

El crecimiento de *S. latus* en aguas del PNMTAC se ha estimado mediante el método de Fabens (similar al método de Gulland y Holt), implementado en el paquete estadístico FISAT (Gayanillo *et al.*, 1996). Este método permite estimar los parámetros fundamentales que determinan la curva de crecimiento: la talla asintótica (L_∞) y el parámetro de curvatura (k), que expresa la rapidez con que se produce el crecimiento. Aplicando la función de crecimiento más utilizada para los decápodos (Von Bertalanffy) se puede estimar el parámetro t_0 el cual indica la hipotética edad cuando la talla es 0.

Para la estimación de los parámetros de crecimiento se han tenido en cuenta 23 recapturas que presentaron transiciones positivas en longitud de cefalotórax. Debido al bajo número de transiciones no se ha abordado el crecimiento diferenciado por sexos. Se asignó el valor de 34,3 mm LC a la edad 1 (ordenada en el origen). Esta talla corresponde al ejemplar más pequeño capturado (Spanier & Lavalli, 2006).

RESULTADOS

La relación entre LC (mm) y LT (mm) por sexos se muestra en la Figura 11.1. En el rango de tallas considerado (Hembras: 71 a 140 mm LC; Machos: 81-129 mm LC) el crecimiento del abdomen en relación con el cefalotórax es igual en ambos sexos ($t = 1.76$, $p = 0.08$) lo que permite estimar una única relación para el total de la población.

$$LT \text{ (mm)} = 2.41 LC \text{ (mm)} - 11.46 + \quad r^2 = 0.90; N^\circ \text{ de ejemplares} = 330$$

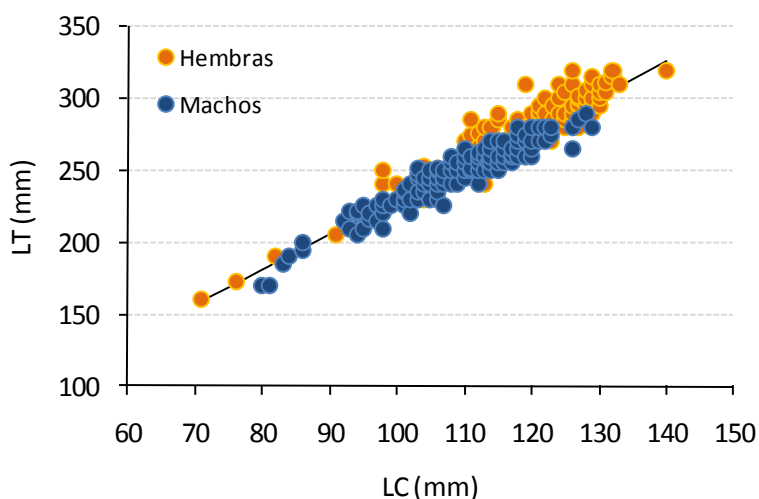


Figura 11.1.- Relación entre la longitud cefalotorax (LC en mm) y la longitud total (LT en mm) para hembras y machos de *Scyllarides latus*.

La relación entre ambas medidas indica un crecimiento alométrico positivo ($t = 31.22$, $p < 0.001$) es decir un mayor crecimiento del abdomen que del cefalotórax a medida que aumenta la talla.

La relación entre LC y LC-LEGAL se ha estimado a partir de los ejemplares capturados en 2009 con tallas comprendidas entre 86 y 129 mm de LC. Los valores de esta relación se tienen que considerar como una aproximación a la relación entre ambas medidas debido al bajo número de ejemplares sobre los cuales se han calculado.

$$\text{LC-LEGAL (mm)} = 0.85\text{LC (mm)} - 1.03 \quad r^2 = 0.97; \text{N}^\circ \text{ de ejemplares} = 58$$

El total de machos y hembras muestreados en los 4 años de seguimiento de la población han presentado el exoesqueleto duro sin ningún signo apreciable externamente que indique inicio o final del proceso de ecdisis. Asimismo en ninguno de los censos realizados se han encontrado exuvias.

El porcentaje de hembras sin incrustaciones disminuye significativamente de abril a julio (Cochran $\chi^2_{0.05,3} = 9.55$; $p = 0.02$) (Fig. 11.2). En abril, inmediatamente antes del apareamiento el 41% de las hembras presentan el exoesqueleto limpio, mientras que hacia el final de la época de reproducción (julio) únicamente el 6% de las hembras muestreadas no presentan incrustaciones. En los machos se observa la misma tendencia decreciente, no siendo, sin embargo, significativa (Cochran $\chi^2_{0.05,3} = 2.40$; $p = 0.12$). Estos datos indican que en ambos sexos la muda tiene lugar preferentemente a finales de invierno-principios de primavera, aunque parece que algunos individuos pueden mudar también durante la época de reproducción.

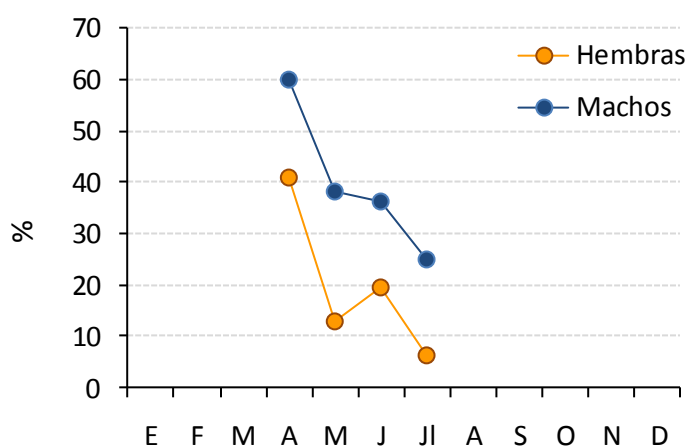


Figura 11.2.- Porcentaje relativo de hembras y machos de *Scyllarides latus* sin incrustaciones de abril a julio. Datos de 2006 a 2009 agrupados por meses.

De los 306 ejemplares marcados durante la duración del estudio se han recuperado 48: 27 machos, y 21 hembras, dos de los cuales se han recapturado 2 veces, con un tiempo en libertad comprendido entre 4 y 1063 días. El rango de tallas de las recapturas ha estado comprendido entre 94 y 129 mm de LC en machos y entre 100 y 140 mm LC en hembras. La tasa de recaptura total ha sido del 18.3%.

Del total de recapturas tan sólo 25 ejemplares de tallas comprendidas entre 94 y 126 mm han presentado incrementos positivos de longitud de cefalotórax, con un tiempo medio en el mar de 405 ± 284 D.E. días. Un total de 13 ejemplares, de tallas comprendidas entre 98 y 140 mm LC han

mostrado crecimientos nulos, para una media de 252 días en el mar; y 10 ejemplares entre 93 y 130 mm LC, crecimiento negativo con un promedio de 284 días en libertad. Los ejemplares recapturados 2 veces presentaron incremento negativo en la primera recaptura después de ≈ 310 días en el mar respectivamente e incremento positivo en la segunda recaptura después de 751 y 701 días. La media de la longitud del cefalotórax para los ejemplares con transiciones positivas en el momento de la premuda fue de $111,7 \pm 7,6$ y en la postmuda $114,6 \pm 7,4$; de los cuales 17 eran machos y 9 hembras, siendo el crecimiento medio anual de $5,1 \pm 1,5$ mm E.E.

La regresión entre postmuda y premuda ($\log_{x_{post}}=a \times \log_{x_{pre}} + b$) no presenta diferencias en caso de seleccionarse todos los ejemplares recapturados o los ejemplares que tan sólo presentan diferencias positivas en el crecimiento: los parámetros de la log-log regresión para el primer caso es: $\log_e (CL_{post}) = 0,86 \log_e (CL_{pre}) + 0,62$ $r^2=0,84$ y para los incrementos positivos: $\log_e (CL_{post}) = 0,85 \log_e (CL_{pre}) + 0,69$ $r^2=0,79$ (Fig. 11.3).

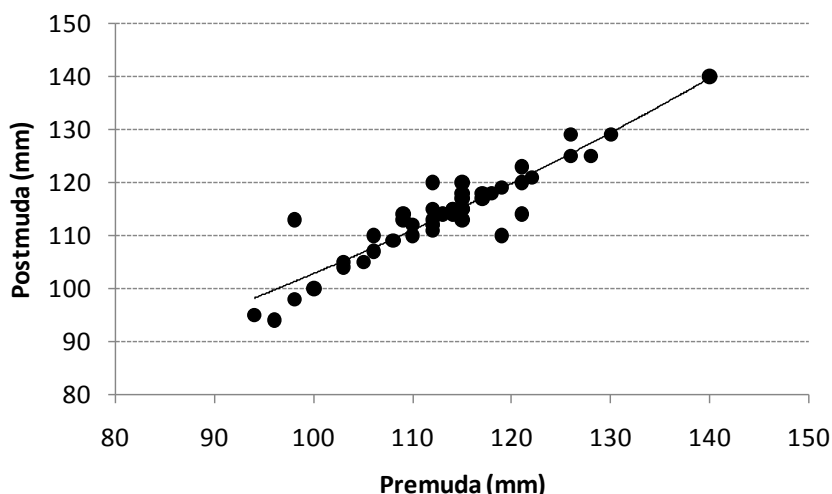


Figura 11.3. Relación entre la premuda y la postmuda combinada para ambos sexos y para todas las recapturas.

Los parámetros de la curva de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy han sido calculados para ambos sexos, para ejemplares entre 94 y 126 mm de LC. Considerando 34,3 mm de LC a la edad 1, los valores estimados de los parámetros de crecimiento son: $LC_{\infty}=128,7$; $k=0,141$; $t_0=-1,24$. En la Figura 11.4 se presenta la relación talla edad derivada de aplicar el modelo de crecimiento continuo de von Bertalanffy. En base a este modelo los ejemplares de *S. latus* pueden llegar a alcanzar una edad de 20 a 25 años. La curva de crecimiento obtenida es más parsimoniosa que la propuesta por Bianchini *et al.* (2001) (Fig. 11.4). La relación entre los parámetros de crecimiento propuesta por este autor $\Phi=3,51$ es similar a la obtenida en el presente estudio $\Phi=3,37$. La principal diferencia entre ambos estudios se deben a la menor tasa de crecimiento obtenida en poblaciones naturales ($K = 0,141$) que a la obtenidas por Bianchini *et al.* (2001) en ejemplares en cautividad ($K= 0, 20$).

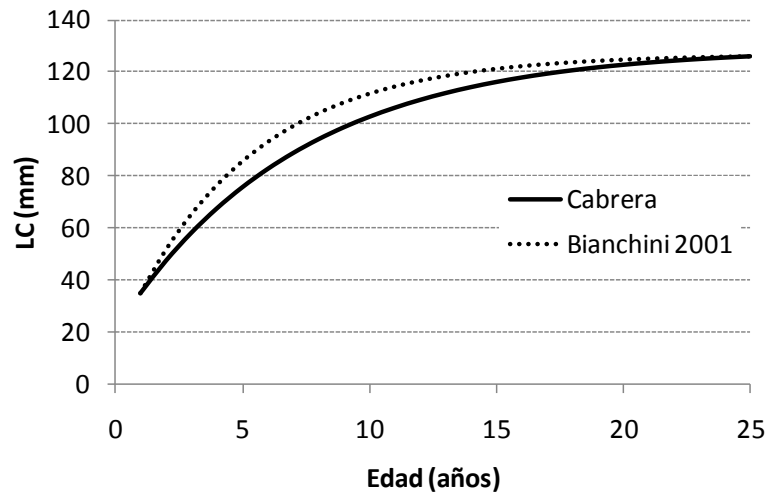


Figura 11.4.- Modelo de crecimiento de Von Bertalanffy para el estudio realizado en el marco del proyecto Latus en el PNMTAC (línea sólida) y el modelo de crecimiento propuesto por Bianchini para ejemplares de Sicilia en el 2001.



12. Medidas de Gestión

Scyllarides latus está incluida en el ANEXO III "especies cuya explotación se ha de regular" del Protocolo sobre las zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo (Convenio de Barcelona). Sin embargo no existe una normativa estatal *sensus strictus* en relación con su explotación.

En 2009, en cumplimiento con el artículo 12.4 del Convenio de Barcelona y con las propuestas de conservación que recogen los planes de gestión de las áreas marinas de las zonas LIC de las Illes Balears (Acuerdo de Consejo de Gobierno de 30 de marzo de 2007), se reguló la captura profesional de "sa cigala" (*Scyllarides latus*) en las Illes Balears (Orden del 21/01/2009 de la Consejería de Agricultura y Pesca).

Las medidas establecidas en la Orden son:

- Veda de captura del 1 de abril al 30 de junio
- Talla mínima de captura de 90 mm de longitud cefalotorácica (LC-LEGAL) que se corresponde con una LC de 106 mm estimada en el presente estudio.

Estas medidas se añaden a las ya existentes en las islas Baleares que prohíben la captura recreativa de crustáceos (excepto isópodos y anfípodos) (Anexo II del Decreto 69/1999, de 4 de junio de 1999).

En el PNMTAC, además de las normativas autonómicas de regulación de las capturas comerciales y recreativas, existen medidas de gestión establecidas en el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Nacional (Decreto 58/2006) y en el Plan de Pesca (Decreto 941/2001), dirigidas específicamente, o que afectan en mayor o menor medida, a la protección de *S. latus*. Estas medidas son:

- Establecimiento de zonas de reserva integral y de regeneración
- Total prohibición de la pesca recreativa.
- Regulación del esfuerzo de pesca artesanal permitiéndose como máximo 8 embarcaciones diarias que trabajen con artes de red (trasmallos y betas).
- Profundidad de calamento de las redes mayor a 20 m.
- Veda de pesca con trasmallo del 1 de octubre al 31 de marzo.
- Prohibición del buceo en apnea durante los meses de mayo y junio en los lugares donde *S. latus* realiza la puesta. El fin de esta normativa es minimizar en la medida de lo posible la pesca que, de modo ilegal, se efectúa durante el periodo de máxima abundancia. Sin embargo, estas zonas no están definidas en el PRUG vigente.

PROPUESTAS DE GESTIÓN

Las medidas de gestión actuales para las aguas de Baleares así como en el PNMTAC establecen un marco legal casi óptimo para la conservación de *S. latus*, al protegerla totalmente durante la época de máxima vulnerabilidad y prohibir su captura en apnea, principal actividad extractiva responsable del estado de sobreexplotación de la especie. Sin embargo el estado actual de las poblaciones de *S. latus* en aguas de Baleares parece indicar un bajo cumplimiento de medidas que llevan casi 10 años establecidas. Además es ampliamente conocida la alta tasa de venta directa,

tanto de ejemplares procedentes de la captura comercial como de la captura ilegal. A continuación se proponen nuevas medidas de regulación, se valora la adecuación de las existentes y se sugieren algunos mecanismos de control para mejorar su aplicación.

Para las Islas Baleares se propone,

- **La prohibición de la captura y comercialización de hembras ovadas** de la especie, al igual que lo establecido para la langosta roja (*Palinurus elephas*).
- **Establecer un sistema de control de los viveros durante el periodo de veda temporal** para minimizar el potencial incumplimiento de la misma. Teniendo en cuenta la estacionalidad de las capturas y su tendencia en los últimos años (Fig. 12.1 y 12.2), la aplicación de la veda temporal debería suponer una reducción entre el 53 y el 58% de la captura anual. Además, esta reducción debe ser mayor si se considera la talla mínima de captura establecida. Así en base a los datos del seguimiento de la pesca artesanal desde 1998 a 2008 (datos Proyectos ERCA y BIOMEX), la talla del 53% de la captura es inferior a la talla mínima establecida (Fig. 12.3). En 2009, la aplicación de la ley ha supuesto una reducción del 46% de la captura comercializada, reducción inferior a la esperada. El mantenimiento en vivero de los ejemplares capturados durante la época de veda hasta que se permite su comercialización, puede ser, entre otras, una vía importante de eludir la normativa. Por ello se propone, aumentar la vigilancia costera (desembarcos en puerto, viveros) y en restaurantes, durante los meses de veda.
- **Sistemas de control para minimizar la venta directa.** Se propone el desarrollo de identificadores específicos no replicables para la captura comercializada en lonja

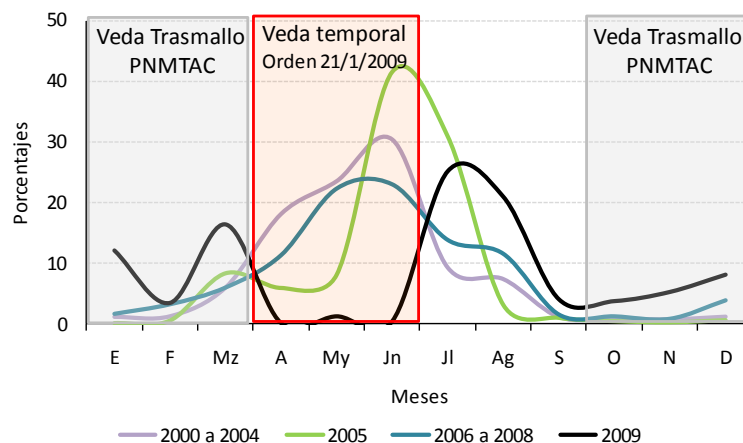


Figura 12.1.- Porcentaje de la captura mensual de *Scyllarides latus* comercializada en la Asociación de Pescadores de Mallorca desde el año 2000 al 2009. Se indica la veda temporal establecida en la orden del 21/01/2009 de la Consejería de Agricultura y Pesca para las islas Baleares y la veda de trasmallo establecida en el PNMTAC.

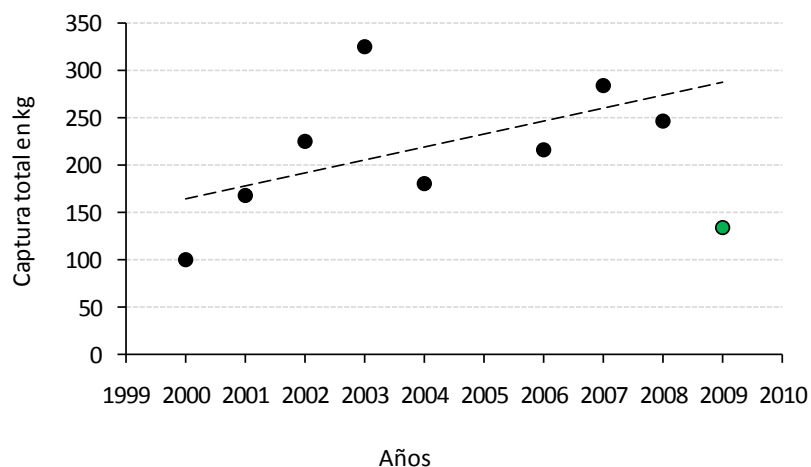


Figura 12.2.- Captura anual en kg de *Scyllarides latus* comercializada en la Asociación de Pescadores de Mallorca desde el año 2000 al 2008. Se indica la línea de tendencia de los 8 años anteriores a la entrada en vigor de la orden del 21/01/2009.

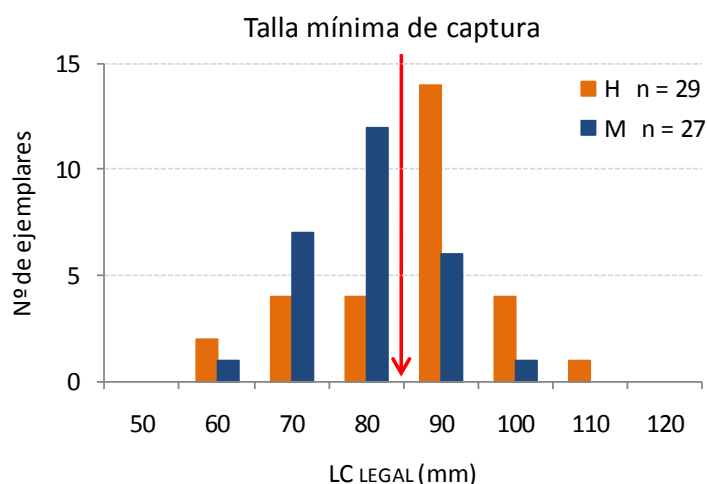


Figura 12.3.- Distribución de tallas (LC LEGAL en mm) por sexos de la captura *Scyllarides latus* muestreada durante los proyectos ERCA y BIOMEX.

Para el PNMTAC se propone,

- Prohibir la apnea en el PNMTAC entre el 1 de abril y el 1 de julio a excepción de la zona de Uso Especial Marino de la ensenada del Puerto de Cabrera y Cala de Es Burri.
- La intensificación de la vigilancia, especialmente a la salida y puesta de sol, durante el citado periodo para el cumplimiento de esta normativa.
- Establecer un horario hábil para las inmersiones libres en apnea (e.g. de 10:00 a 18:00).

- La intensificación de la vigilancia en las zonas de Foradada, Imperial y este de la isla grande de Cabrera; zonas en las que existe un impacto potencial mayor de la pesca ilegal en apnea.
- La intensificación de la vigilancia entre abril y julio para el cumplimiento de la prohibición de la pesca con trasmallo a profundidades menores de 20 m.
- La valoración de las densidades de *S. latus* presentadas en este estudio como indicadores favorables en el diseño de futuras zonas de protección total (reservas integrales) en el PNMTAC.

El PNMTAC constituye un marco excepcional para el estudio de ésta y de muchas otras especies de la fauna marina litoral. Sin duda la gestión realizada desde la creación del Parque en 1991 ha contribuido muy significativamente en la recuperación de especies, aspecto obviamente básico para la investigación científica y que es inabordable fuera de las áreas marinas protegidas. El objetivo de que la normativa vigente se cumpla al 100% en todas las aguas de Cabrera no debería ser una meta irreal, sino una necesidad factible, tanto para la propia conservación de especies y comunidades como para la investigación científica.

13. Discusión y conclusiones

Este estudio integrador de la ecología de *Scyllarides latus* pone de manifiesto por primera vez, la dinámica poblacional de la especie en el medio natural, describiendo sus hábitats preferentes y las variaciones estacionales a consecuencia de la dinámica reproductiva, sin que esté condicionada por artefactos o situaciones artificiales presentes en los estudios previos realizados.

La población de "cigala" observada en el parque nacional durante los cuatro años de duración del estudio ha estado constituida fundamentalmente por ejemplares adultos (93 % de ejemplares observados han presentado una longitud de cefalotórax mayor a la talla de primera madurez), por lo que la dinámica estacional, distribución batimétrica, hábitats preferenciales y movilidad identificados en este estudio, están referidos principalmente a este segmento de la población.

S. latus presenta una marcada estacionalidad: se empieza a observar a principios de invierno, alcanzan las máximas densidades a finales de primavera y desaparece casi totalmente de los hábitats rocosos litorales a mediados de verano. Así, en primavera la densidad de *S. latus* es del orden de 5 a 15 veces superior a la observada en otras épocas del año; estacionalidad similar a la observada en el Mediterráneo oriental por Spanier *et al.* (1988). Según estos autores los cambios estacionales en abundancia se deben al desplazamiento de la población adulta hacia zonas más profundas con el fin de evitar las altas temperaturas (> 27°C) que se alcanzan en las zonas superficiales durante el verano y el otoño. Sin embargo, en aguas de Baleares, el intervalo de temperatura durante los meses otoñales, cuando la especie no se observa en la zona litoral, es similar a la temperatura en los meses de máxima abundancia de la población.

La abundancia parece, sin embargo, muy claramente correlacionada con el ciclo reproductor. Así, a partir de la información aportada por los experimentos de marcado – recaptura y el estado de madurez, se proponen dos hipótesis para explicar la dinámica estacional de la población. La primera hipótesis postula que esta especie permanece en la misma zona durante todo el año, presentando un comportamiento menos críptico durante el día en la época de reproducción. *S. latus* al igual que otros grandes decápodos presenta actividad nocturna (Childress & Jury, 2006), por lo que las diferencias en densidad podrían deberse, al menos parcialmente, al momento del día en el que se ha evaluado la población (cabe recordar que no se han realizado censos nocturnos). La segunda hipótesis supone que después de la reproducción, los individuos abandonan los hábitats rocosos de la zona litoral, migrando a mayor profundidad o distribuyéndose en otros tipos de hábitat, pero regresando cada año a la misma zona donde tiene lugar la reproducción. Por tanto, los hábitats rocosos de la zona litoral serían hábitats esenciales de reproducción. Este comportamiento permitiría, por un lado, optimizar la maduración de la puesta en aguas superficiales cálidas y luego ganar profundidad para realizar la eclosión y posteriormente la muda (fase más vulnerable del estado adulto (Spanier & Lavalli, 2006)) con menor riesgo de depredación.

S. latus en el PNMTAC se distribuye en cuevas, bloques, paredes y taludes a profundidades menores de 35 m, presentando una clara preferencia por cuevas entre 5 y 20 m. Los experimentos de marcado - recaptura indican que el talud es un hábitat transitorio mientras que las paredes y, más específicamente, los bloques y las cuevas, son hábitats preferentes. Estos hábitats se caracterizan por presentar gran número y diversidad de refugios (grietas y cavidades de distinto tamaño y orientación) que son utilizados por la especie durante el periodo diario de inactividad trófica (Spanier & Lavalli, 2006). Durante la época de máxima abundancia existen, sin embargo, diferencias en la utilización del hábitat entre ambos sexos. Las hembras presentan un

comportamiento críptico, encontrándose preferentemente en grietas horizontales o cavidades, mientras que los machos, más activos durante el día, se encuentran libres fuera de los refugios.

En el medio natural, *S. latus* no presenta preferencia por compartir refugios con conoespecíficos, sino que se distribuye preferentemente de forma solitaria (70% de las observaciones). Sin embargo este comportamiento difiere estacionalmente y en función del sexo. Las hembras se distribuyen preferentemente solitarias durante todo el año, mientras que los machos tienden a formar grupos fuera de los refugios, principalmente durante la época de apareamiento de la especie. El comportamiento en el medio natural es por tanto diferente al que presenta la especie en tanques experimentales o en arrecifes artificiales, medios en los que aparece agregada en el interior de los refugios (Spanier & Almong-Shtayer, 1992; Barshaw & Spanier, 1994a). Según estos autores, la tendencia de *S. latus* a cohabitar respondería a comportamientos cooperativos de defensa. Sin embargo, y en base a la distribución observada en hábitats naturales del PNMTAC, la disponibilidad de refugios en el hábitat circundante podría ser un factor que condicionase su mayor o menor hacinamiento. En el mismo sentido, la sex-ratio de los grupos observados en el medio natural así como su estacionalidad parecen indicar que el comportamiento gregario está en relación con la reproducción de la especie y no con una estrategia social dirigida a minimizar el riesgo de depredación.

La especie presenta dimorfismo sexual en talla, alcanzando las hembras una talla máxima (140 mm LC) mayor que los machos (129 mm LC). La estructura de tallas es similar a la indicada para las poblaciones atlánticas (Martins, 1985) y del Mediterráneo oriental (Along-Shatyer citado por Spanier & Lavalli, 1998) y central (Bianchini *et al.*, 1996; Romeo *et al.*, 2004), siendo sin embargo la talla máxima de machos y hembras en Baleares inferior a la observada en el estrecho de Sicilia (Romeo *et al.*, 2004), una zona cuyas características (hidrodinamismo, batimetría) confieren una protección natural a la especie frente al impacto humano.

Asimismo, es de gran interés resaltar la existencia de diferencias en la estructura demográfica de la población entre diferentes sectores del Parque. En las zonas localizadas en los extremos norte y sur del archipiélago y en las zonas orientadas a levante, la población presenta una talla media y modal menor que en las orientadas a poniente. Esta divergencia puede deberse a diferencias en la tasa de reclutamiento y/o a una distinta tasa de mortalidad pesquera. Teniendo en cuenta la distribución del esfuerzo de pesca de los artes que capturan esta especie (resultados proyecto BIOMEX 2003 – 2005) no parece existir una correlación entre el esfuerzo de pesca artesanal y la estructura demográfica observada. Si la causa que origina estas diferencias espaciales es una mayor tasa de mortalidad pesquera, se trata sin duda de una mayor incidencia de la captura ilegal en apnea en el sector de levante del Parque.

A diferencia de otros grandes decápodos existe un gran desconocimiento sobre las fases juveniles de la familia Scyllaridae. Hasta el estudio realizado por Romeo *et al.*, (2004) en el estrecho de Sicilia no se había capturado vivo ningún ejemplar juvenil de *S. latus*, habiéndose sugerido que ambos segmentos de población presentan una segregación de hábitats (Spanier & Lavalli, 2007). Según estos autores el asentamiento sobre el fondo y los primeros estadios juveniles se producirían en aguas profundas. Los ejemplares más pequeños observados en el presente estudio, conjuntamente con las capturas de ejemplares de entre 55 y 66 mm LC entre 14 y 17 m de profundidad en la Reserva Marina del Llevant (NE Mallorca) (datos no publicados de la Dirección General de Pesca. F. Riera, com. pers) parecen desmentir parcialmente esta hipótesis.

Si bien no habría una segregación de la población adulta y juvenil en profundidad, sí que podría darse una segregación de hábitats en cotas batimétricas similares. El 100% de los ejemplares

observados en el PNMTAC se hallaba sobre fondo rocoso, un tipo de hábitat muy asequible al muestreo en escafandra autónoma mediante observación visual. Los juveniles capturados por F. Riera en 2007 y 2010 se hallaban en un fondo mixto de substrato rocoso con *Posidonia oceanica* y cubetas de arena denominado "fallat" por los pescadores locales. Dado que la condición críptica de *S. latus* se acentúa en individuos juveniles, de pequeño tamaño, el muestreo de hábitats puramente rocosos y de otros similares al denominado "fallat" dentro del PNMTAC durante las horas de mayor actividad trófica (de la puesta a la salida del sol) podría aportar información significativa sobre la fracción juvenil de la población.

En este contexto, y en referencia a las diferencias demográficas observadas en distintos sectores del parque, habría que considerar por tanto la hipótesis del reclutamiento diferencial Levante vs Poniente frente a la distinta mortalidad por pesca. La consideración de esta nueva hipótesis se deriva de la mayor proporción de hábitats someros con *Posidonia oceanica* existentes en el sector de Levante del PNMTAC; aunque es muy probable que el estatus demográfico de la población esté influido por un efecto combinado de la naturaleza del hábitat circundante, de un muestreo diurno sesgado hacia individuos adultos y de una mayor mortalidad por pesca ilegal en apnea.

Los experimentos de marcado y recaptura han puesto de manifiesto que la especie presenta una gran fidelidad a pequeña escala espacial (< 5,0 Ha). Ningún ejemplar ha sido recapturado en una zona distinta a la zona de captura después de permanecer hasta 3 años en libertad.

Scyllarides latus se reproduce en aguas de Baleares desde mediados de primavera (mayo) a mediados de verano (agosto), periodo en el cual la temperatura asciende de 18 a 28 °C. El apareamiento tiene lugar principalmente en mayo, iniciándose la eclosión de la puesta a principios de julio. Similar estacionalidad y duración de la época de reproducción se han indicado para otras áreas geográficas, observándose sin embargo un retraso este-oeste en el inicio y final de la época de reproducción (Lavalli *et al.*, 2007; Franca *et al.*, 1959, 1961, citado por Spanier *et al.*, 1988; Martins, 1985). Al igual que para gran número de especies de vertebrados e invertebrados marinos, la temperatura parece ser un factor desencadenante y predictivo de la época de reproducción de la especie. Así, y en función del régimen térmico anual, podrían darse diferencias interanuales en el inicio de la época de reproducción. El conjunto de los resultados del presente estudio se ajusta al ciclo observado en 2008. En 2009, el inicio de la época de reproducción también se observó a mediados de mayo, mientras que en 2007, las primeras hembras ovígeras se observaron a principios de junio.

La reproducción de *S. latus* es asincrónica a nivel de población (no todas las hembras están receptivas al mismo tiempo durante un mismo ciclo anual). Esta asincronía se ha identificado como una estrategia dirigida a aumentar el éxito reproductivo al disminuir la competencia entre las hembras durante el tiempo en que son receptivas (MacDiarmid & Sainte-Marie, 2006). Teniendo en cuenta que esta especie produce un único saco ovígero al año, esta estrategia permitiría además, abarcar el máximo tiempo favorable para la maduración y eclosión de las larvas con el fin de optimizar la supervivencia larvaria.

La baja ocurrencia de hembras con espermatóforo en relación con el número de hembras observadas al inicio de la madurez sugiere que se trata de un episodio de corta duración y, en consecuencia, de un corto lapso de tiempo entre apareamiento, extrusión de los ovocitos y fertilización. El periodo de incubación de la puesta en aguas de Baleares es de aproximadamente 4 semanas. En otras especies de crustáceos decápodos se ha identificado que la duración del periodo de incubación está relacionada con el régimen térmico diario que experimenta el ejemplar a lo largo del ciclo reproductor (MacDiarmid & Kittaka, 2000; Comeau & Savoie, 2002),

pudiendo por tanto diferir a lo largo del marco geográfico de distribución de la especie o, para una misma población, a lo largo de un mismo ciclo reproductor.

Dentro de los avances obtenidos en el conocimiento general del ciclo reproductor de la especie en el PNMTAC cabe subrayar la baja proporción de hembras en estado de madurez final (estado 5) o de hembras que hayan liberado la puesta (estado 6). Así, y teniendo en cuenta el periodo de incubación de la puesta, las hembras en estas fases finales de madurez deberían ser abundantes a partir de mediados de junio. Estas diferencias en abundancia relativa de hembras en los distintos estados de madurez responden seguramente a un cambio de distribución o comportamiento de los ejemplares. Esta hipótesis se correspondería con la mencionada anteriormente en referencia a las migraciones estacionales. Así, la maduración final de las gónadas, el apareamiento e incubación de la puesta, tendrían lugar en la zona infralitoral a menos de 35 m de profundidad, realizándose el final de la incubación y la liberación de los huevos a profundidades y/o hábitats distintos a los estudiados. En la literatura científica existen referencias para distintas especies de *Scyllarides* así como para langostas espinosas que realizan desplazamientos hacia zonas profundas y/o zonas de corriente donde se ve favorecida la dispersión de la puesta y se minimiza el riesgo de depredación (Smith *et al.*, 2001; Childress & Jury, 2006).

Las hembras de *S. latus* alcanzan la madurez sexual a 98 mm de LC, a partir de 6 años de edad. No existen estimaciones previas de la talla de primera madurez para la especie, si bien se ha propuesto que la madurez se alcanza entre los 90 y 100 mm de LC para las especies de *Scyllarides* de talla máxima similar a *S. latus* (Spanier & Lavalli, 2006). Cuando las estimaciones de LC₅₀ se basan en caracteres externos, tales como la presencia de hembras ovígeras (madurez funcional), no es posible diferenciar entre hembras fisiológicamente inmaduras (juveniles) y hembras maduras que aun no han sido fecundadas o inactivas, lo que conlleva a una sobreestimación de la talla de madurez (DeMartini *et al.*, 2005). Asimismo, diferencias en distribución (hábitat o profundidad) o capturabilidad entre juveniles y adultos de la misma talla también influyen en la estimación de la talla de madurez (MacDiarmid & Sainte-Marie, 2006). Este sesgo hacia el muestreo de ejemplares maduros repercute en la sobrestima de la talla a la cual la población alcanza la madurez sexual (Chubb, 2000).

En conocimiento de estas circunstancias, y teniendo presente el objetivo general del estudio (valorar y proponer medidas de gestión para la especie en aguas de Baleares) una sobreestimación de la talla de primera madurez se puede considerar como una medida de precaución. De hecho, se considera que la talla de madurez funcional es más apropiada que la talla de madurez fisiológica (basada en evolución de las gónadas) para establecer tallas mínimas de captura (Chubb, 2000).

La metodología de marcado-recaptura ha sido ampliamente utilizada para estimar el crecimiento de especies de crustáceos decápodos de gran talla en el medio natural (Wahle & Fogarty, 2006). Sin embargo, para la familia Scyllaridae el patrón de crecimiento ha sido estudiado en muy pocas especies (*Scyllarides astori*: Hearn, 2006; *Ibacus peronii* y *I. chacei*: Stewart & Kennelly, 2000; *Thenus spp.*: Jones, 2007). El único estudio dirigido a estimar los parámetros de crecimiento de *S. latus* se basa en ejemplares mantenidos en cautividad (Bianchini *et al.*, 2001). Así, en el contexto actual de desconocimiento referente el crecimiento y longevidad de la especie en condiciones naturales, y a pesar de que el número de recapturas obtenido hasta la fecha es bajo, consideramos que la información aportada por las recapturas realizadas en el PNMTAC es de gran valor científico. Cabe resaltar además que, al igual que para la mayoría de especies de la familia Scyllaridae, estas estimaciones se basan en el crecimiento de la población adulta.

A partir de los resultados observados podemos afirmar que *S. latus* es una especie de crecimiento lento, que puede llegar a vivir entre 20 y 25 años; edad similar a la descrita para la langosta roja en el Mediterráneo occidental (Díaz *et al.*, 2010). La talla máxima (L_{∞}) calculada ha resultado inferior a la observada en el medio natural, resultado que responde a la ausencia de ejemplares de talla próxima a la máxima indicada para la especie (160 mm LC) en las muestras de recaptura.

La frecuencia y época de muda depende de la talla y sexo de los ejemplares, pudiendo incluso diferir entre poblaciones de una misma especie (Wahle & Fogarty, 2006). Spanier & Lavalli (1988) indican que los adultos de *S. latus* mudan una vez al año principalmente durante los meses de invierno, mientras que según Bianchini *et al.* (2001) la muda puede producirse durante todo el año. En base a la evolución temporal de la abundancia de incrustaciones en el exoesqueleto, la muda parece tener lugar preferentemente a finales de invierno, aunque algunos individuos pueden mudar también durante la época de reproducción. No se ha podido determinar la frecuencia de mudas para la especie, pero según Relini & Torchia (1998) un incremento medio anual de 5 mm corresponde, como mínimo, a una o dos mudas por año. Este incremento en longitud del cefalotórax es similar a los propuestos para otros grandes decápodos, como la langosta roja (Follesa *et al.*, 2007).

El Parque Nacional Marítimo Terrestre de Cabrera (PNMTC) constituye un marco excepcional para el estudio de *Scyllarides latus*, lo que ha permitido asentar las bases de conocimiento en muchos aspectos de su ecología que hasta el momento eran totalmente desconocidos en su medio natural. Nos encontramos ante una especie de gran decápodo que prácticamente se daba por desaparecida en muchos lugares de la geografía del Mediterráneo occidental y para la que, recientemente, se observan indicios de recuperación, mayoritariamente en áreas protegidas. Pensamos que esta tendencia no es fruto del azar, sino la respuesta al incremento de áreas marinas protegidas a escala de todo el Mediterráneo (Abdulla *et al.*, 2008). Nos encontramos sin duda en un nuevo escenario, una nueva oportunidad para la especie que requiere la aplicación de medidas de conservación específicas y, sobretodo, de un esfuerzo en la aplicación correcta de las ya establecidas.



14. Referencias

- Abdulla, A., Gomei, M., Maison, E. & C. Piante.- 2008. Status of Marine Protected Areas in the Mediterranean Sea. IUCN, Málaga and WWF, France. 152 pp.
- Bannister, C.- 1993. Summary of the session 6 (Restocking) of the IV International Lobster Workshop. *The Lobster Newsletter* 6 (2): 6-7.
- Barshaw, D.E. & E. Spanier.- 1994a. The undiscovered lobster- A first look of the social behavior of the Mediterranean slipper lobster, *Scyllarides latus* Decapoda, Scyllaridae. *Crustaceana* 67: 187-197.
- Barshaw, D.E. & E. Spanier.- 1994b. Anti-predator behavior of the Mediterranean slipper lobster, *Scyllarides latus*. *Bulletin of Marine Science* 55: 375-382.
- Barshaw, D.E., Lavalli, K.L. & E. Spanier.- 2003. Is offence the best defence: The response of three morphological types of lobster to predation. *Marine Ecology Progress Series* 256: 171-182.
- Bez, N.- 2000. On the use of Lloyd's index of patchiness. *Fisheries Oceanography* 9(4): 372-376.
- Bianchini, M.L., Chessa, L., Greco, S., Ragonese, S., & G. Scarpell.- 1996. Morphometric aspects of slipper lobster, *Scyllarides latus*. En: *Abstracts of the 6th Colloquium Crustacea Decapoda Mediterranea*, Florence, Italy, 12-15 September, pp. 11-12.
- Bianchini, M.L., Bono, G & S. Ragonese.- 2001. Long-term recaptures and growth of slipper lobsters, *Scyllarides latus*, in the strait of Sicily. *Crustaceana* 74 (7): 673-680.
- Bianchini, M.L. & S. Ragonese.- 2003. In ovo embryonic development of the Mediterranean slipper lobster *Scyllarides latus*. *The Lobster Newsletter* 16 (1): 10-12.
- Bianchini, M. & S. Ragonese.- 2007. Growth of slipper lobsters of genus *Scyllarides*. En: Lavalli, K.L. & E. Spanier (eds): *The Biology and Fisheries of the slipper lobster*. CRC Press, pp. 199-220.
- Comeau, M. & F. Savoie.- 2002. Maturity and reproductive cycle of the female American lobster, *Homarus americanus*, in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Journal of Crustacean Biology* 22: 762-774.
- Chessa, L.A., Pais, A. & S. Serra.- 1996. Behavioural observations on slipper lobster *Scyllarides latus* (Latreille, 1803) (Decapoda Scyllaridae) reared in laboratory. In *Proceedings of the 6th Colloquium Crustacea Decapoda Mediterranea*, Florence, pp. 25-26.
- Childress, M.J. & S.H. Jury.- 2006. Behaviour. En: Phillips B.F. (ed.) *Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries*. London: Blackwell Publishing Ltd, pp. 78-112.
- Chubb, C.F.- 2000. Reproductive biology: issues for management. En: Phillips B.F. & J. Kittaka (eds.) *Spiny lobsters: Fisheries and culture*. Backwell Science, Oxford, pp. 245-275.
- DeMartini, E.E., McCracken, M.L., Moffitt, R.B. & J.A. Wetherall.- 2005. Relative pleopod length as an indicator of size at sexual maturity in slipper (*Scyllarides squammosus*) and spiny Hawaiian (*Panulirus marginatus*) lobsters. *Fishery Bulletin* 103: 23-33.
- Díaz, D.- 2010. Ecología de la fase juvenil de la langosta roja (*Palinurus elephas*) en el Mediterráneo Nor-Occidental. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.

- Fisher, W., Bianchi, G. & W.B. Scott.- 1981. *FAO species identification sheets for fishery purposes*. East Central Atlantic, Vol. V. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa.
- Follesa, M.C., Cuccu, D., Cannas, R. & A. Cau.- 2007. On the growth of the European spiny lobster, *Palinurus elephas* from the Sardinian waters (central western Mediterranean sea). *New Zealand Journal of Marine and freshwater Research* 41: 377-383.
- Gayanilo Jr., & F.C., Pauly, D., 1997. *FAO-ICLARM Stock Assessment Tools. (FiSAT) Reference Manual*. FAO Computerised Information Series (Fisheries), vol. 8. FAO, Rome. 262 pp.
- Hearn, A., Toral-Granada, A., Martinez, C. & G. Reck.- 2006. Biology and fishery of the galápagos Slipper lobster. En: Lavalli, K.L. & E. Spanier (eds): *The Biology and fisheries of the slipper lobster*. CRC Press, pp. 287 – 308.
- Holthuis, L.B.- 1991. *Marine Lobsters in the world. An annotated and illustrated catalogue of the species of interest to fisheries known to date*. *FAO Species Catalogue*, no 145, Vol. 13, pp. 1-292.
- Jones, C.M.-2007. Biology and fishery of the Bay lobster, *Thenus* spp. En: Lavalli, K.L. & E. Spanier (eds): *The Biology and fisheries of the slipper lobster*. CRC Press, pp. 326-358.
- Lavalli, K.L., Spanier, E. & F. Grasso.- 2007. Behaviour and sensory biology of slipper lobsters. En: Lavalli, K.L. & E. Spanier (eds): *The Biology and fisheries of the slipper lobster*. CRC Press, pp. 133-182.
- Lloyds, M. 1967. Mean Crowding. *Journal of Animal Ecology* 36: 1-30.
- Martins, H.R.- 1985. Biological studies of the exploited stock of the Mediterranean locust lobster *Scyllarides latus* (latreille, 1803) (Decapoda: Scyllaridae) in the Azores. *Journal of Crustacean Biology* 5(2): 294-305.
- MacDiarmid, A.B. & J. Kittaka.- 2000. Breeding. En: Phillips, B.F. & J. Kittaka (eds.) *Spiny lobsters: Fisheries and culture*. Backwell Science, Oxford, pp. 485-507.
- MacDiarmid, A.B. & B. Sainte-Marie.- 2006. Reproduction. En: Phillips B.F. (ed.) *Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries*. London: Blackwell Publishing Ltd, pp. 45-68.
- Oliveira, G., Freire, A.S. & P.R.K. Bertuol.- 2008. Reproductive biology of the slipper lobster *Scyllarides deceptor* (Decapoda: Scyllaridae) along the southern Brazilian coast. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 88(7): 1433-1440.
- Pessani, D. & M. Mura.- 2007. The Biology of the Mediterranean Scyllarids. En: Lavalli, K.L. & E. Spanier (eds): *The Biology and fisheries of the slipper lobster*. CRC Press, pp. 263-286.
- Relini, M. & G. Torchia.- 1998. Inaspettato percorso di un'aragosta in Mar Ligure. *Biologia Marina Mediterranea* 5(1):641-643.
- Reñones, O., García, A., Díaz, D., Roldan, E., Stobart, E. & R. Goñi.- 2006. Estudio del efecto reserva en el parque nacional marítimo Terrestre del archipiélago de Cabrera. IEO-COB. 76 pp.
- Romeo, T., Florio, G., Lentini, F., Falautano, M., Consoli, P., Pelusi, P. & S. Greco.- 2004. Morphometric aspects of *Scyllarides latus*. *Mediterranean Marine Science* 5(2): 65-71.

- Sanchez-Lizaso, J.L., Goñi, R., Reñones, O., García-Chartón, J.A., Galzin, R., Bayle, J.T., Sanchez-Jerez, P., Perez-Ruzafa, A. & A.A. Ramos.- 2000. Density dependence in marine protected populations: a review. *Environmental Conservation* 27(2): 144-158.
- Spanier, E., Tom, M., Pisanty, S. & G. Almog.- 1988. Seasonality and shelter selection by the slipper lobster *Scyllarides latus* in the southeastern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* 42: 247-255.
- Spanier, E., Weihs, D. & G. Almong-Shtayer.- 1991. Swimming of the Mediterranean slipper lobster. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 145: 15-31.
- Spanier, E. & G. Almong-Shtayer.- 1992. Shelter preferences in the Mediterranean Slipper lobster: Effects of physical properties. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 164: 103-116.
- Spanier, E. & D.E. Barshaw.- 1993. Tag retention in the Mediterranean slipper lobster. *Israel Journal of Zoology* 39: 29-33.
- Spanier, E. & K.L. Lavalli.- 1998. Natural history of *Scyllarides latus* (Crustacea: Decapoda): a review on the contemporary biological knowledge of the Mediterranean slipper lobster. *Journal of Natural History* 32: 1769-1786.
- Spanier, E. & D. Weihs.- 2004. Hydrodynamics aspects of locomotion in the Mediterranean slipper lobster, *Scyllarides latus*. In: *Proceedings of the 7th International Conference & Workshop on lobster Biology and management*. Tasmania, Australia, 8-13 February, 2004, p. 61.
- Spanier, E. & K.L. Lavalli.- 2006. *Scyllarides* species. En: Phillips B.F. (ed.) *Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries*. London: Blackwell Publishing Ltd, pp. 462-496.
- Sparre, P. & S.C. Venema.- 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 Manual. *FAO Fisheries Technical Pap.*, 306.
- Stewart, J. & S.J. Kennelly.- 2000. Growth of the scyllarid lobsters *Ibacus peronii* and *I. chaeci*. *Marine Biology* 136: 921-930.
- Underwood, A.J.- 1997. *Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge: Cambridge University Press: 504 pp.
- Warner, G. – 1977. *The Biology of Crab*. Elek Science London, 202 pp.
- Wahle, R.A. & M. J. Fogarty.- 2006. Growth and development: understanding and modeling growth variability in lobsters. En: Phillips B.F. (ed.) *Lobsters: biology, management, aquaculture and fisheries*. London: Blackwell Publishing Ltd, pp. 1 – 44.
- Zar, J.H.- 1984. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall International editions: 718 pp.