

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**Departamento de Biología Animal I**



**LA GAMBA ROJA “ARISTEUS ANTENNATUS”  
(RISSO, 1816) (CRUSTACEA, DECAPODA): DISTRIBUCIÓN,  
DEMOGRAFÍA, CRECIMIENTO, REPRODUCCIÓN Y  
EXPLOTACIÓN EN EL GOLFO DE ALICANTE, CANAL DE  
IBIZA Y GOLFO DE VERA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR**

**PRESENTADA POR**

Mariano García Rodríguez

Bajo la dirección del doctor

Enrique de Cárdenas González

**Madrid, 2003**

**ISBN: 84-669-1694-6**

**LA GAMBA ROJA *ARISTEUS ANTENNATUS* (RISSO, 1816)  
(CRUSTACEA, DECAPODA): DISTRIBUCIÓN, DEMOGRAFÍA,  
CRECIMIENTO, REPRODUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN EN EL GOLFO  
DE ALICANTE, CANAL DE IBIZA Y GOLFO DE VERA.**

**MARIANO GARCÍA RODRÍGUEZ**



**TESIS DOCTORAL  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID  
MADRID 2003**

*DEDICATORIA:*

*A mi esposa; a mi hija.*

*El Prior....Nosotros no podemos sino sólo adivinar aquello que se hurta a los ojos, escondiéndose en el fondo de las aguas, y en el profundo del Mar; pero en todas partes se llena de conmoción el espíritu, y hace eco en el interior del alma el considerar una industria, que no alcanzamos; y ver al mismo tiempo nuestras manos llenas con una munificencia sin límites, y una liberalidad tan sin términos.*

*(Abad M. Pluche.- ESPECTÁCULO DE LA NATURALEZA. 2ª Edición, Madrid, 1757)*

## Prefacio

Hace más de diez años, diversas circunstancias me llevaron a abandonar, por segunda vez y cuando ya habían superado su ecuador, los trabajos que constituían mi primera Memoria de Doctorado; la disciplina que trataba era, a mi juicio, una de las más atractivas y hermosas, de la Biología Marina: el Zooplancton.

Hoy en día, diversas circunstancias, esta vez favorables, han permitido la redacción definitiva de esta Memoria de Doctorado sobre un tema, diverso, pero no menos apasionante: la Biología Pesquera.

Los trabajos que constituyen la base de esta Memoria han sido realizados en el marco del Proyecto del Instituto Español de Oceanografía "Evaluación de las pesquerías de arrastre del Mediterráneo Occidental (zona Levante)" del que fui responsable entre los años de 1992 a 1999; así como de la Acción Piloto de pesca experimental de gamba roja (*Aristeus antennatus*) en el Golfo de Vera, realizada en 1999 y promovida por la S.G.P.M., y de la que también fui responsable; otros datos fueron obtenidos, paralelamente a los objetivos, durante el transcurso del Proyecto "Analysis of the Mediterranean deep sea shrimps fishery: Evolution, catches, efforts and economics" financiado por la D.G.XIV de la Unión Europea (Contract n° 97/0018) y que bajo la Coordinación del Dr. Francisco Sarda del Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC), también participé, desarrollándose entre los años 1998 y 2000.

Durante el transcurso de los trabajos que han dado lugar a la presente Memoria, y en relación con el tema de la misma, se han publicado los siguientes artículos:

García-Rodríguez, M y Esteban, A., 1999. On the biology and fishery of *Aristeus antennatus*, Risso 1818 (Decapoda, Dendrobranchiata) in the Ibiza Channel (Balearic islands, Spain) *Scientia Marina* (63) 1; 27-37.

García-Rodríguez, M y Esteban, A., 2000. A comparison of the exploitation level of two populations of rose shrimp from two close areas in the Spanish Mediterranean. In: *The biodiversity crisis and Crustaceans*. Vol.2. pp. 721-731. Schram & Vaupel Eds. A.A. Balkema. Rotterdam.

García-Rodríguez, M y Esteban, A., 2001. Length composition, growth and reproduction of an red shrimp (*Aristeus antennatus*, (Risso, 1818) (Decapoda, Dendrobranchiata) population in the Alicante Gulf (S.E. Spain). *Rapp. Comm. inter. Mer Médit.* (36) pp. 269.

García-Rodríguez, M., 2003. Characterization and standardization of a red shrimp (*Aristeus antennatus*, Risso, 1816) fishery off the Alicante Gulf (S.E. Spain). *Scientia Marina* (67) 1.

Presentando las siguientes comunicaciones a Congresos:

García-Rodríguez, M y Esteban, A. 1996. Biology (Growth and Reproduction) of *Aristeus antennatus* Risso 1816, from the Gulf of Vera Region. *Proceedings of the 6th Colloquium Crustacea Decapoda Mediterranea*. Firenze, 1996.

García-Rodríguez, M y Esteban, A., 1998. Comparison of the exploitation level of two populations of rose shrimp from two close areas in the Spanish Mediterranean. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Crustacean Congress*. Amsterdam 1998.

*García-Rodríguez, M y Esteban, A., 2001. An Assessment on a Red Shrimp (Aristeus antennatus Risso, 1816), Decapoda, Dendrobranchiata) Fishery in the Alicante Gulf (S.E, Spain). Proceedings of the Conference "Life histories, Assessment and Management of Crustacean Fisheries". La Coruña, 2001.*

*Carbonell, A., García-Rodríguez, M. y Pereda, P., 2001. The deep water shrimp fishery in the Spanish Mediterranean sea. Proceedings of the Symposium "Deep Sea Fisheries Symposium-NAFO". La Habana, Septiembre 2001*

*Y dando origen a las siguientes comunicaciones en reuniones de grupos de trabajo internacionales:*

*García-Rodríguez, M y Esteban, A. An Assessment on a Red Shrimp (Aristeus antennatus Risso, 1816), Decapoda, Dendrobranchiata) Fishery in the Alicante Gulf (S.E, Spain). Scientific Advisory Committee del GFCM. Working Document n° 9 (Tunis, Tunicia, 13-16 March 2001).*

*García-Rodríguez, M. Characterization and standardization of a red shrimp (Aristeus antennatus, Risso, 1816) fishery off the Alicante Gulf (S.E. Spain). Scientific Advisory Committee del GFCM. Working Document n° 13 (Tunis, Tunicia, 13-16 March 2001).*

*Para la redacción de la presenta Memoria, todos los datos disponibles han sido analizados nuevamente, por lo que pueden existir pequeñas diferencias con los ya publicados, aunque los resultados son, fundamentalmente, los mismos.*

*Esta Memoria pretende contribuir al conocimiento que, en la actualidad, se tiene sobre la especie objeto de la misma (Aristeus antennatus) y con tal fin ha sido redactada.*

*En Madrid a catorce de Febrero del año dos mil tres.*

*El Autor*

**AGRADECIMIENTOS**

Ignoro el motivo pero, por lo que he podido constatar, este Apartado suele ser el último en redactarse en las Memorias y suele ser el más comprometido, ya que siempre se teme olvidar a alguien y herir susceptibilidades. Por este motivo, intentaré ser lo más amplio posible, reflejando a todos aquellos que, de un modo u otro, han colaborado en la realización de esta Memoria.

En primer lugar, quisiera mostrar mi agradecimiento al Dr. Enrique de Cárdenas, Jefe del Área de Pesquerías del Instituto Español de Oceanografía, por aceptar la Dirección de esta Memoria; a pesar de la carga de trabajo que habitualmente soporta, ha sabido encontrar tiempo para la dirección de la presente Memoria: Sus precisiones y comentarios, especialmente en el aspecto de la explotación del recurso, me han sido de gran ayuda.

Al Dr. Jesús de Benito, profesor de Zoología Marina y ponente de esta Memoria, por su confianza y colaboración desinteresada.

A D. Antonio Esteban, colega y compañero, quién fue mi ayudante durante casi ocho años en el Centro Oceanográfico de Murcia; por sus manos pasaron gran parte de los individuos muestreados en esta Memoria, sin que apenas ingiriese alguno; para mí fue un honor tenerle a mi lado, como profesional y compañero.

A D. José Antonio Martínez, “Madriles”, que fue nuestro Auxiliar durante esos años; intentó, sin éxito, ingerir la mayor parte de los ejemplares que ayudó a muestrear. Atribuye su robustez a la tranquilidad que exhibe, aunque creo que, además, existen otros motivos.

A D. José Antonio Romero, “Toni”, por cuyas manos pasó el resto de los ejemplares de los muestreos de talla de Santa Pola y cuyo destino final ignoro; incansable recopilador de datos, en ocasiones desaparecía entre montañas de hojas de venta de lonja.

A D. José Diego Terrones, informador y muestreador incansable en la zona del Golfo de Vera, por la dedicación y el tesón mostrados a lo largo de estos años.

A D. José Luis Pérez, colega y colaborador en embarques de crustáceos en general y disecador, con escaso éxito, de ejemplares raros, por su interés y dedicación en los embarques.

A D. Román Martínez, Ldo en Ciencias del Mar, asimismo colaborador en embarques de la zona del Golfo de Vera, por su disposición y ayuda; la mar y la pesca están en sus genes.

Al Dr. Julio Mas, Director del Centro Oceanográfico de Murcia, oceanógrafo de pro y responsable del Proyecto Radiales en la zona, en alguna de cuyas salidas participé como jefe de campaña, por la gentil cesión de los datos de CTD que aparecen en el Apartado de Hidrología; a Inmaculada Vidal por su preparación y envío.

Al Dr. Víctor Díaz del Río, geólogo marino practicante quien, desde el lecho del dolor, me realizó sugerencias sobre la bibliografía a consultar para el Apartado de Geomorfología. En la actualidad recuperado totalmente; su etapa como Director, en funciones, del Centro Oceanográfico de Murcia quedará para siempre en mi recuerdo.

Al Dr. José Luis López Jurado, físico oceanógrafo, por las indicaciones bibliográficas para el Apartado de Hidrología; su explicación telefónica de la circulación de las masas de agua entre la península e Ibiza, merece una mención especial por su claridad y concisión.

Al Dr. Francisco Sardá, biólogo del ICM-CSIC y probablemente el mayor experto en la especie de nuestro país, como Coordinador del Proyecto “Analysis of the Mediterranean deep sea shrimps fishery: Evolution, catches, efforts and economics” de la D.G XIV (Contract nº 97/0018), en el que participé, por la disposición que ha mostrado en las



ocasiones en que ha actuado como Revisor o Editor Científico de alguno de mis trabajos.

A los participantes del proyecto “Factors affecting catch rates of north western Mediterranean trawl fleets and derivation of standardised abundance index.” EU (DG XIV) Contract nº 98/053, y especialmente a su Coordinador, el Dr. Federico Alvarez, Director del Centro Oceanográfico de Baleares, a Raquel Goñi y a Sara Alderstein, ya que gracias a ellos se pudieron realizar los Apartados de Caracterización y de Estandarización de la presente Memoria.

A la Dra. Monserrat Demestre, bióloga del ICM y redactora de una Memoria sobre la especie que constituye una guía de referencia para cualquier trabajo posterior.

Al Dr. Pedro Martínez-Baños, biólogo y pionero del estudio de la especie en su querida Murcia, por el ejemplar de su Memoria que me ha sido de gran ayuda, y por los ánimos que me ha dado.

Al Dr. Eduardo Costas y a la Dra. Victoria López- Rodas por su apoyo y orientación en los aspectos formales del complejo mundo Universitario.

Al Dr. Juan B. Jesús Lidón, por su interés y apoyo en las complicadas gestiones Complutenses.

Al Dr. Pere Abelló, biólogo del ICM, Editor en Jefe de Scientia Marina y gran experto en crustáceos marinos, por ser como es.

Al Dr. Joan Cartes, biólogo del ICM-CSIC, gran experto en la especie y compañero de mesa en la camareta del “Cornide”, por sus trabajos sobre la especie.

Al Dr. Luis Gil de Sola por la cesión de los índices de abundancia de la serie MEDITS\_ES; a María González, por su envío.

En fin, a todos aquellos, especialmente del personal de C.O. de Murcia, que de un modo u otro han hecho posible la redacción de esta Memoria. A todos Gracias.

# ÍNDICE

	<u>Pag.</u>
<b>RESUMEN Y PALABRAS CLAVE</b> .....	12
<b>ABSTRACT AND KEY WORDS</b> .....	14
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES</b>	
2.1. <i>Sistemática</i> .....	23
2.2. <i>Diagnosis</i> .....	24
2.3. <i>Distribución</i> .....	28
2.4. <i>Muestreos y metodología</i> .....	30
<b>3. MARCO DE ESTUDIO</b>	
3.1. <i>El Medio Físico</i>	
3.1.1. Introducción.....	33
3.1.2. Geomorfología.....	34
3.1.2.1. Introducción.....	34
3.1.2.2. Morfología.....	34
3.1.2.3. Descripción de las zonas de estudio.....	37
3.1.2.4. Sedimentos.....	40
3.1.3. Hidrología.....	41
3.1.3.1. Introducción.....	41
3.1.3.2. Material y Método.....	52
3.1.3.3. Resultados.....	55
3.1.4. Discusión.....	61
3.2. <i>El Medio Pesquero</i>	
3.2.1. Introducción.....	64
3.2.2. Actividad pesquera.....	65
3.2.2.1. Introducción.....	65
3.2.2.2. Material y Método.....	69
3.2.2.3. Resultados.....	70

3.2.3. Identificación y caracterización de los caladeros .....	75
3.2.3.1. Introducción .....	75
3.2.3.2. Material y Método .....	76
3.2.3.3. Resultados .....	78
3.2.4. Caracterización de la pesquería .....	102
3.2.4.1. Introducción .....	102
3.2.4.2. Material y Método .....	103
3.2.4.3. Resultados .....	105
3.2.5. Discusión .....	109

#### 4. **BIOLOGÍA**

4.1. <i>Introducción</i> .....	115
4.2. <i>Estructura de Tallas</i> .....	116
4.2.1. Introducción .....	116
4.2.2. Material y Método .....	116
4.2.3. Resultados .....	118
4.3. <i>Crecimiento</i> .....	133
4.3.1. Introducción .....	133
4.3.2. Material y Método .....	134
4.3.3. Resultados .....	138
4.4. <i>Reproducción</i> .....	147
4.4.1. Introducción .....	147
4.4.2. Material y Método .....	147
4.4.3. Resultados .....	150
4.5. <i>Mortalidad</i> .....	163
4.5.1. Introducción .....	163
4.5.2. Material y Método .....	164
4.5.3. Resultados .....	166
4.6. <i>Discusión</i> .....	169

#### 5. **EXPLOTACIÓN**

5.1. <i>Introducción</i> .....	186
5.2. <i>Capturas</i> .....	187
5.2.1. Introducción .....	187

5.2.2. Material y Método .....	189
5.2.3. Resultados.....	190
5.3. <i>Estandarización del esfuerzo</i> .....	198
5.3.1. Introducción.....	198
5.3.2. Material y Método .....	200
5.3.3. Resultados.....	204
5.4. <i>Análisis de la explotación</i> .....	211
5.4.1. Introducción.....	211
5.4.2. Modelos de Producción .....	212
5.4.3. Modelos Analíticos.....	214
5.4.3.1. Introducción .....	214
5.4.3.2. Material y Método.....	219
5.4.3.3. Resultados .....	224
5.4.4. <i>Discusión</i> .....	256
5.5. <i>Recomendaciones</i> .....	267
6. <b>CONCLUSIONES</b> .....	269
7. <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	275
8. <b>ANEXOS</b> .....	290

## RESUMEN

En esta tesis se presenta un estudio de la biología de la gamba roja y se analiza su explotación como recurso renovable, en tres zonas próximas del Mediterráneo español: Golfo de Alicante, Canal de Ibiza y Golfo de Vera. Para ello se recolectaron ejemplares, mensualmente y a lo largo de un periodo de 8 años, desde 1992 hasta 1999, tanto en las lonjas de desembarco de la flota comercial de distintos puertos representativos de cada zona (Villajoyosa, Santa Pola y Garrucha), como a bordo de embarcaciones que frecuentaron los distintos caladeros; por otra parte se recopilaron datos de la pesquería (desembarcos, esfuerzo) en cada zona a lo largo del periodo de estudio. Se identifican las zonas y profundidades de explotación, caracterizándose un total de 17 caladeros, definiendo los rangos de explotación entre los 350 y 1 153 m de profundidad, estando caracterizados por la influencia del Agua Levantina Intermedia (LIW) hasta los 700 m y del Agua Profunda (DW) a partir de ésta profundidad. *A. antennatus* se puede definir como una especie estenoterma y estenohalina, de amplio rango de distribución batimétrica y geográfica. Si bien la estructura de la población explotada no muestra grandes diferencias entre las zonas, con las hembras dominando en la proporción sexual de las capturas ( $PS= 0.80$ ), existen diferencias significativas en sus tallas medias y en sus crecimientos, tanto entre sexos como entre zonas. En general las hembras resultan más robustas y mayores que los machos, pudiendo éstas alcanzar los cinco años, mientras que los machos sólo alcanzan los tres años de longevidad. También existen diferencias entre sexos en la reproducción, aunque ésta sigue el mismo patrón en las tres zonas, localizándose en los meses estivales. Las tallas de primera maduración encontradas para ambos sexos (17 mm de Lc y 22 mm de Lc en machos y hembras respectivamente), resultan menores que las consignadas por otros autores en zonas próximas, y se atribuyen a una mayor contribución de tallas pequeñas en las capturas.

Se identifican los patrones de explotación y los grupos de actividad de las flotas, caracterizándolos, y obteniendo índices de abundancia estandarizados para los dos Grupos de actividad identificados. Se analiza el estado de explotación del recurso por medio de análisis de cohortes de talla (LCA), rendimiento por recluta (Y/R) y análisis de la población virtual (APV), calibrado con índices de abundancia tanto derivados de capturas por unidad de esfuerzo estandarizadas, como obtenidos en campañas de prospección, no encontrando cambios en el patrón de explotación a lo largo del tiempo, destacándose la estabilidad de los reclutamientos; por zonas el recurso resulta más importante en el Golfo de Vera, representando la suma de las otras dos zonas (Canal de Ibiza y Golfo de Alicante). Se concluye que el recurso se encuentra en un estado de sobrexplotación no detectado previamente por otros autores en zonas próximas, situándose el Rendimiento Máximo sostenible en torno al 50 % del esfuerzo actual, y se establecen algunas recomendaciones para su gestión.

**Palabras Clave:** Biología Marina, Recursos renovables, Gamba roja, *Aristeus antennatus*, Mediterráneo español, Distribución, Demografía, Crecimiento, Reproducción, Explotación, Evaluación.

## ABSTRACT

This thesis presents a study of the biology of the red shrimp *Aristeus antennatus* and its exploitation as a renewable resource was analyzed in three neighbouring areas of the Spanish Mediterranean: the Gulf of Alicante, Ibiza Channel and the Gulf of Vera. Specimens were gathered monthly during a period of 8 years, from 1992 until 1999, from the fish markets used for landings by the commercial fleets of various representative ports in each area (Villajoyosa, Santa Pola and Garrucha), as well as from on board vessels that visited the different fishing grounds. In addition, data from the fishery (e.g. landings, effort) were compiled for each area during the study period. The exploitation areas and their depths were identified, and a total of 17 fishing grounds were characterised. The exploitation ranges between depths of 350 and 1,153 m were characterised by the influence of the Levantine Intermediate Water (LIW) down to 700 m and the Deep Water (DW) below this depth. *A. antennatus* could be defined as a stenothermic and stenohaline species, with a wide bathymetric and geographical distribution. Although the structure of the exploited population did not show large differences between the areas, with the females dominating in the sexual proportion of the catches ( $SP = 0.80$ ), significant differences existed in their average sizes and growth, both between sexes and areas. In general, the females were more robust and larger than the males, being able to reach five years old, whereas the males only achieved three years old. Differences in reproduction, which occurred in the summer months, also existed between sexes, although this had the same pattern in the three areas. The sizes at first maturity found for both sexes (17 mm Cl and 22 mm Cl in males and females, respectively), were less than those reported by other authors in neighbouring areas, and were attributed to a larger contribution of small sizes in the catches. The exploitation patterns and activity groups of the fleets were identified and

characterised. Standardised abundance indexes were obtained for both activity groups identified. The exploitation state of the resource was analysed by means of length cohort analysis (LCA), yield per recruit (Y/R) and virtual population analysis (VPA), calibrated with abundance indexes derived from standardised catches per unit of effort, as well as those obtained on survey cruises. No changes in the exploitation patterns were found with time, and the recruitments were very stable. By areas, the resource was more important in the Gulf of Vera, which represented the sum of the other two areas (Ibiza Channel and Gulf of Alicante). It was concluded that the resource was in a state of overexploitation not detected previously by other authors in neighbouring areas, with the maximum sustainable yield being around 50% of the current effort, and certain recommendations were established for its management.

**Key Words:** Marine biology, Renewable resources, Red shrimp, *Aristeus antennatus*, Spanish Mediterranean, Distribution, Demography, Growth, Reproduction, Exploitation, Evaluation.



## 1. INTRODUCCIÓN

La especie objeto de esta memoria, *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) o gamba roja (Fig. 1.1), es una especie ampliamente distribuida en el Atlántico sureste, Océano Indico y Mar Mediterráneo, siendo objeto, en éste último caso, de una pesquería muy concreta que, en función de las especies acompañantes en la captura, puede considerarse monoespecífica y que no sufre descartes debido a su gran aprecio en los mercados (Demestre, 1993; Carbonell *et al.*, 1997). Estos crustáceos se localizan en el talud continental e insular, como en el caso de las Baleares, en profundidades que van de los 200 hasta fondos superiores a los 1 000 m (Cartes, 1991), concentrándose en fondos fangosos entre los 350 y 550 m de profundidad, como en el caso del sur de Portugal (Arrobas y Ribeiro-Cascalho,1987).



Figura 1.1.- Ejemplar hembra de *Aristeus antennatus* capturado en el Mediterráneo español.

La pesquería de la gamba roja comenzó, en nuestro país, en la década de los 40 más o menos al mismo tiempo que en otras áreas del Mediterráneo (Brian, 1931; Oliver, 1953; Heldt, 1955; Massutí, 1961, 1963; Bas, 1965; Maurin, 1965), siendo esta especie, junto con la cigala (*Nephrops norvegicus* Linnaeus, 1758), los crustáceos más importantes explotados al arrastre en el talud, tanto por los precios que pueden alcanzar, como por los volúmenes de capturas que se obtienen (Merella *et al.*, 1998; Sardá *et al.*, 2000).

En el periodo comprendido entre 1985 y 1999, los desembarcos totales anuales, en todo el Mediterráneo español, fluctuaron alrededor de 1 500 tm anuales (FAO). Localmente, en aquellos puertos en que existe flota gambera, los desembarcos de gamba roja representaron un promedio comprendido entre el 5 y el 15% del total de desembarcos de las flotas de esos puertos, incluyendo arrastre, cerco y trasmallo, mientras que su valor económico representó entre el 30 y el 50% del total de las ventas en esos puertos (Carbonell *et al.* 1999; García y Esteban, 1999; Martínez-Baños, 1997). En el Mediterráneo español es una especie explotada tradicionalmente en Baleares (Mallorca, Menorca y Canal de Ibiza), Cataluña, Levante, Murcia (Golfo de Vera norte) y Almería (Golfo de Vera sur, Almería y Alborán) (Fig. 1.2).

*Aristeus antennatus* es una especie que ha sido estudiada en otras zonas del Atlántico y Mediterráneo tales como el Sur de Portugal (Arrobas y Ribeiro-Cascalho, 1984, 1987; Dos Santos y Ribeiro-Cascalho, 1994), Golfo de León (Campillo, 1994), Mar Lígur (Relini Orsi, 1980; Orsi-Relini y Semeria, 1983, Orsi-Relini y Relini, 1994), Mar Tirreno (Righini y Abella, 1994; Mori *et al.*, 1994; Arculeo *et al.*, 1994; Greco *et al.*, 1994), Sicilia (Arculeo *et al.*, 1994, Ragonese *et al.*, 1994), Cerdeña (Murenu *et al.*, 1994), costas de Túnez (Ben Mariem, 1994) y Argelia (Yahiaoui, 1994), entre otros trabajos; en el Mediterráneo español esta especie se ha estudiado en Cataluña, fundamentalmente por Cartes y Sardá (1989), Cartes (1994), Demestre (1987), Demestre y Martín (1993),

Demestre y Fortuño (1992), Demestre (1993), Demestre y Carbonell (1994), Demestre y Lleonart (1993), Demestre y Martín (1993), Demestre *et al.* (1994), Sardá y Cartes (1994, 1997), Sardá y Demestre (1987, 1989), Sardá *et al.* (1994, 1998); en Baleares (Mallorca-Menorca) por Massuti y Daroca (1978) y Carbonell *et al.* (1999), y en Murcia por Martínez-Baños *et al.* (1990) y Martínez-Baños (1997).

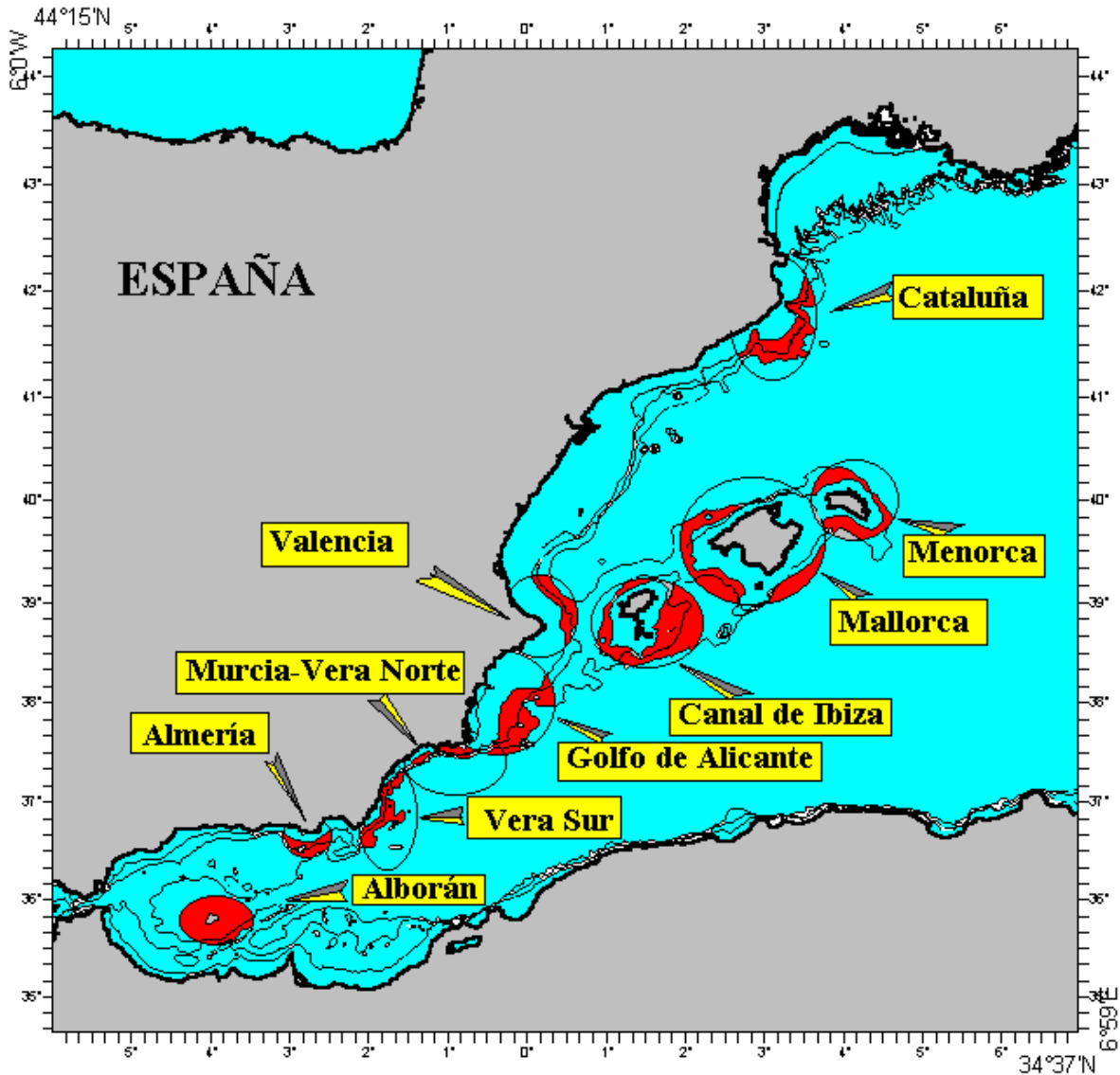


Figura 1.2.- Localización de las principales zonas de explotación de *Aristeus antennatus* en el Mediterráneo español.

Por lo tanto podemos concretar que, en el Mediterráneo español, esta especie ha sido estudiada especialmente en la zona de Cataluña, en Baleares (Mallorca y Menorca) y en Murcia (fundamentalmente en la zona norte del Golfo de Vera), quedando algunas zonas (Alborán, Golfo de Vera Sur, Golfo de Alicante y Canal de Ibiza) en las que el conocimiento que se tiene sobre esta especie resulta parcial, escaso o nulo.

La existencia de estas lagunas de conocimiento de la especie sugiere la conveniencia de realizar más estudios, con especial incidencia en las zonas no descritas, que además destacan por la importancia de los puertos que en ellas se encuentran, con numerosas flotas que desarrollan su actividad pesquera en zonas muy concretas, lo que permite alcanzar un buen nivel de precisión en su estudio.

El objetivo de esta Memoria es el de realizar una descripción de las principales características biológicas y poblacionales, así como una descripción de la explotación, de la gamba roja en tres áreas diferentes (Golfo de Alicante, Canal de Ibiza y Golfo de Vera) donde el estado de los conocimientos es escaso o nulo en la actualidad, describiéndose su biología a lo largo de un ciclo anual, su pesquería y patrón de explotación, realizándose una modelización de la pesquería así como un análisis del estado de la explotación, contribuyendo así al conocimiento que sobre la biología y explotación de esta especie se tiene en la actualidad. Para ello se han realizando a lo largo de ocho años de estudio (1992-1999) un total de 374 operaciones de muestreo, controlándose un total de 63 323 ejemplares de *A. antennatus*.

Una primera aproximación al conocimiento de la biología de la especie que se desea estudiar, debe de basarse en un conocimiento del medio en que se encuentra; para ello es necesario caracterizar el marco físico y analizar las características medioambientales en que dicha especie desarrolla su ciclo biológico y donde, además, tiene lugar su explotación como recurso. En este sentido se ha recopilado información sobre los

aspectos geológicos, sedimentarios e hidrológicos de las zonas de estudio caracterizando, además, las masas de agua encontradas en una zona piloto representativa (Cap. 3).

En una siguiente etapa, resulta necesario realizar una rigurosa descripción de las características del marco pesquero en que se realiza dicha explotación (Cap. 3), describiendo la actividad en los principales puertos en que se desembarcan las capturas, describiendo las flotas que intervienen en esa captura, localizando y caracterizando los caladeros o áreas de explotación del recurso, describiendo la composición específica de las capturas, así como obtener una primera aproximación de los rendimientos obtenidos. Asimismo se ha considerado conveniente incidir en una caracterización de la pesquería, tomando como base la actividad de la flota en un puerto concreto (Santa Pola) realizada en una zona determinada, Golfo de Alicante, analizando las capturas mensuales de cada embarcación que tuvo actividad en la zona, a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente amplio (1992-1999).

La descripción de la biología de la especie ha sido un objetivo de especial atención en los trabajos que generó esta Memoria (Cap. 4); un primer paso ha sido determinar la estructura de tallas poblacional, basándose en el análisis mensual de una serie de años, de las frecuencias de talla de la población explotada en las zonas de Golfo de Alicante (1995-1998), Canal de Ibiza (1992-1994) y Golfo de Vera (1992-1994).

El estudio del crecimiento relativo, que relaciona el peso para una talla dada, ha sido abordado en base a los datos recopilados en muestreos complementarios desarrollados a lo largo de un año en cada zona, determinando los parámetros de las relaciones separadamente para cada sexo en cada zona estudiada; especial atención se ha dedicado a la frecuencia de la muda a lo largo del año.

Asimismo y a partir del análisis de las frecuencias de talla, se han determinado los parámetros de crecimiento de los individuos a lo largo del tiempo, para cada sexo y para cada zona, estableciendo comparaciones entre los resultados obtenidos.

La reproducción de *Aristeus antennatus* ha sido estudiada en cada zona por separado; a lo largo de un ciclo anual, se han determinado las proporciones sexuales y sus variaciones mensuales; se ha determinado la época de reproducción y su maduración gonadal, determinándose las tallas de primera maduración para cada sexo.

La consideración de la gamba roja como un recurso renovable, sujeto a explotación, conlleva un pormenorizado estudio de la pesquería, analizando las tendencias de las capturas a partir de series de captura y esfuerzo aplicadas en la explotación del recurso (Cap 5). Los datos recopilados, convenientemente depurados, han servido, también para la obtención de índices de abundancia estandarizados del recurso, basados en el seguimiento de las Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) estandarizados tras la aplicación de un Modelo General Linearizado (GLM) a la serie de datos.

Finalmente y como colofón a esta Memoria, se han realizado una serie de análisis del estado de explotación del recurso, tanto analizando los datos de la pesquería, como estudiando la dinámica de las poblaciones sujetas a explotación en cada una de las zonas, para lo cual, a los datos obtenidos del estudio de la pesquería y de la estructura de las poblaciones, se han aplicado los datos que sobre crecimiento y biología reproductiva se han obtenido previamente.

Se ha optado por la aplicación de Modelos Analíticos ya que, actualmente son los más empleados en el análisis y evaluación de poblaciones sometidas a explotación. Los modelos aplicados en esta Memoria han sido el análisis de cohortes de talla (LCA), el análisis del rendimiento por recluta (Y/R) y el análisis de la población virtual (APV),

realizándose, por vez primera sobre esta especie en el Mediterráneo, un Análisis de la Población Virtual Calibrado.

Con todo ello esta Memoria pretende contribuir al conocimiento de la biología, dinámica poblacional y explotación de *Aristeus antennatus* en algunas zonas del Mediterráneo, aportando evaluaciones sobre el estado de explotación del recurso y realizando recomendaciones sobre la adecuada explotación del mismo.

---

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS GENERALES

### 2.1. Sistemática

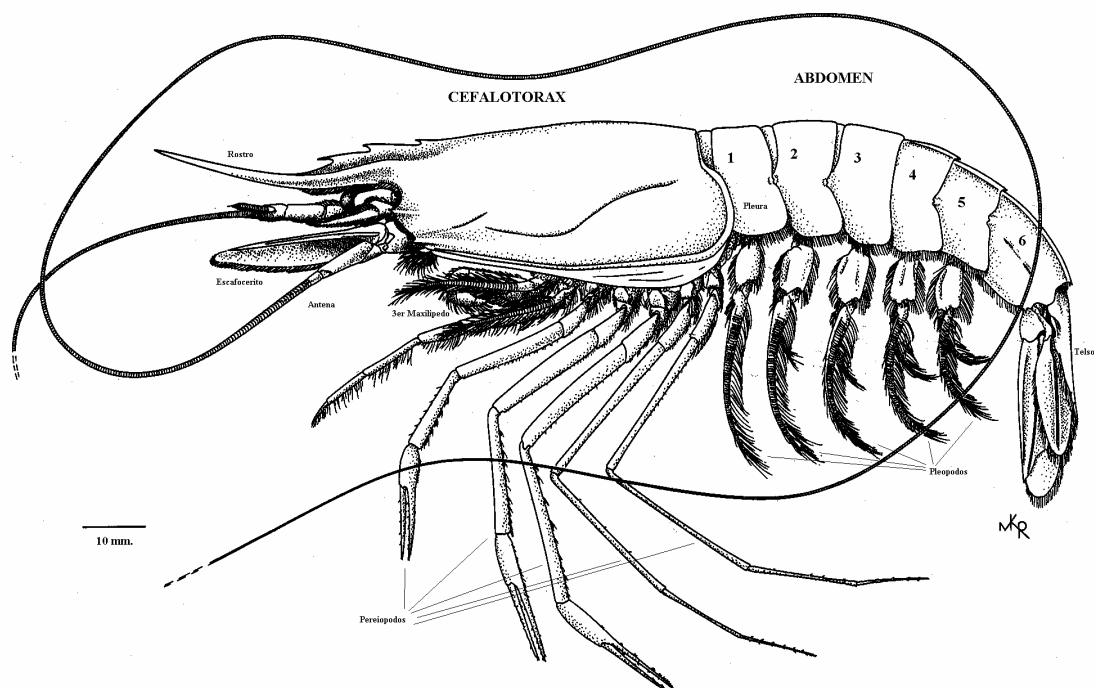
Los crustáceos (Crustacea, Pennant, 1777) pertenecen al phylum de los artrópodos, caracterizándose, por lo tanto, por tener el cuerpo segmentado, protegido por un exosqueleto quitinoso, y apéndices articulados (Zariquiey, 1968). La sistemática de los crustáceos ha sido objeto de varias revisiones a lo largo de la historia; dentro de ellos, el Orden Decapoda Latreille, 1803, es uno de los más diferenciados dentro de los crustáceos, caracterizándose fundamentalmente por poseer cinco pares de patas en el abdomen, de donde toman el nombre. Perteneciente a los Decapoda, el Suborden Dendrobranchiata Bate, 1888, se caracteriza, a su vez, por presentar las branquias de tipo ramificado ya que, al menos uno de los pares de las branquias primarias, se encuentra ramificado o muy ramificado. Aquellos que presentan, al menos, 11 branquias en cada lado forman la Superfamilia Penaeoidea definida por Rafinesque en 1815. Esta Superfamilia abarca cinco Familias, una de las cuales (la Familia Arestidae Wood-Mason, 1891) que abarca nueve Géneros y engloba al Género *Aristeus* Duvernoy, 1840, se caracteriza por presentar el prosartema de la anténula (segunda rama) reducido a un tachón de sedas. Las especies de la Familia Arestidae se localizan generalmente en aguas profundas, y de las cuales, al menos dos se encuentran presentes en el Mediterráneo; *Aristeus antennatus*, *Aristeomorpha foliacea* (Risso, 1827), así como *Gennadas elegans* (Smith, 1882) y *G. valens* (Smith, 1884) de la Familia Benthescymidae y otras especies de las restantes Familias (Pérez-Farfante y Kensley, 1997). *Aristeus antennatus* fue descrita por vez primera por Risso en 1816, que la denominó *Peneus antennatus* incluyéndola dentro de la Familia Penaeidae Rafinesque, 1815, teniendo actualmente la posición taxonómica descrita arriba y que es la propuesta por Bowman y Abele en 1982.



## **2.2. Diagnosis**

Según Filhol (1885), los Aristeidos encontrados en la expedición del Talisman de 1883 y recogidos en aguas del Atlántico, presentaban la siguiente diagnosis. “El cuerpo de estos animales mide, del extremo del rostro hasta el final de la cola, dos decímetros de longitud. Las antenas son muy alargadas alcanzando en algunas especies cinco y seis veces la longitud del cuerpo. El rostro, especie de espina llevada por la parte anterior del caparazón, es muy agudo y dentado, cerca de su base, en su borde superior.”

Más recientemente se encuentran varios trabajos en los que se realiza una diagnosis exhaustiva de la especie como el de Zariquiey Alvarez (1968), los de Holtius (1980; 1987), Demestre en 1990, Martínez-Baños en 1997 y Pérez-Farfante y Kensley en 1997. Muy resumidamente podemos decir que los individuos de esta especie se caracterizan por tener el prosartema de la anténula muy reducido, el caparazón no presenta espina hepática ni carena y que el sillón cervical es corto, no alcanzando la región dorsal. En el télson, los segmentos I, II y III no son carenados, mientras que los IV, V y VI sí lo son, comenzando a hacerse patente a partir del primer tercio del IV somito, marcándose cada vez más y terminando, cada uno de éstos somitos, en una especie de diente. La coloración es rosado-rojizo, más clara en los ejemplares juveniles y obscureciéndose hasta ser rojo intenso en los adultos.



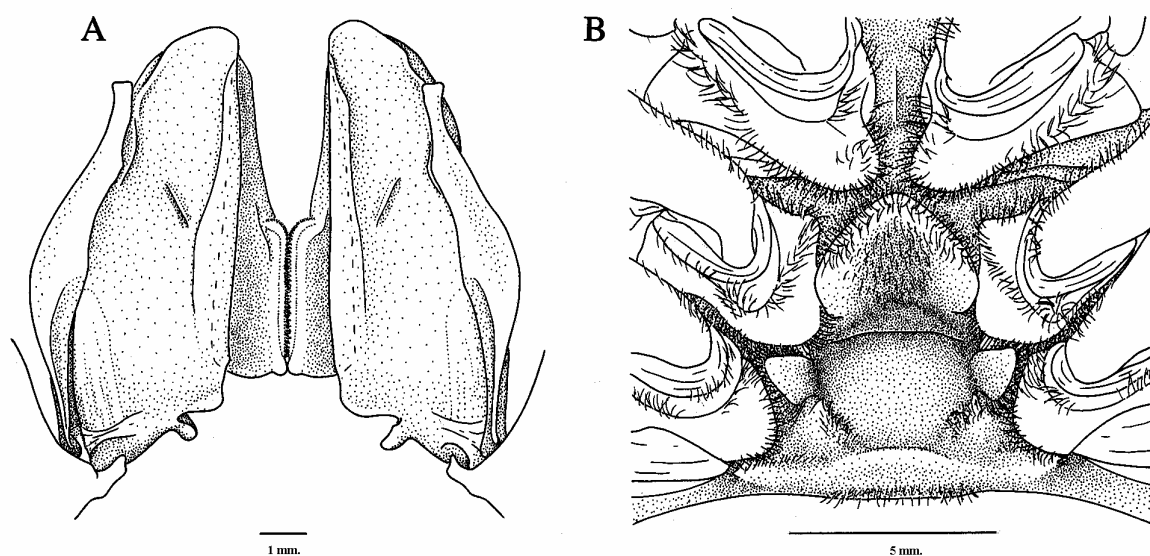
**Figura 2.1.- Morfología general externo-lateral de una hembra de *Aristeus antennatus*. Modificado de Pérez-Farfante & Kensley, 1997.**

Una de las características de la especie es el presentar un marcado dimorfismo sexual, que se refleja tanto en un dimorfismo de tallas, ya que los rangos de talla y tallas medias de las hembras son superiores a los de los machos, como por el hecho de presentar características morfológicas externas que permiten su identificación sexual; la longitud del rostro muestra claras diferencias: mientras que en los machos es corto y no sobrepasa la extremidad distal del escafocerito antenal, en las hembras y en los machos juveniles (inmaduros), es largo y curvado hacia arriba, sobrepasando largamente el escafocerito antenal (Fig. 2.2).



**Figura 2.2.- Ejemplares de *A. antennatus*, machos y hembras, mostrando las diferencias rostrales.**

Otros caracteres externos de diferenciación sexual son la presencia de Petasma en los machos y de Thelycum en las hembras.



**Figura 2.3.-** Morfología de los caracteres sexuales externos en *Aristeus antennatus*: A) Petasma masculino (vista ventral); B) Thelycum femenino (vista ventral). Tomado de Pérez-Farfante & Kensley, 1997.

El Petasma (Fig. 2.3 A), junto con los apéndices masculinos, constituyen el aparato copulador de los machos de *Aristeus*; está formado por la fusión de dos hemipetasma, que son las modificaciones de los endopoditos del primer par de pleópodos. Éstos se encuentran libres en los individuos juveniles, soldándose entre sí al alcanzar la madurez, quedando así dispuestos para la reproducción. Los apéndices masculinos son una modificación del segundo par de pleópodos y se encuentran entre la base y el endopodito de este par, colaborando en la transferencia de la espermateca o espermatóforo.

El Thelycum (Fig. 2.3 B) son unas modificaciones esternales del séptimo y octavo somito torácico; tiene una forma triangular y se encuentra situado ventralmente entre el séptimo y octavo somito torácico. En esta zona la hembra recibe el espermatóforo del macho. Su forma y disposición, así como la del petasma, tienen carácter taxonómico a un nivel específico (Pérez-Farfante y Kensley, 1997).

### **2.3. Distribución**

En los resultados de la Campaña del Talisman, realizada en 1883, que partió de La Rochelle (Francia) y prospectó las costas de Portugal, Golfo de Cádiz, costa Atlántica africana, desde Marruecos hasta Senegal, Islas de Canarias, Cabo Verde y Azores, Filhol (1885) precisa que: “Entre los crustáceos macruros más destacables, citaré los Aristéidos. Estos animales, en los que el color es de un rojo resplandeciente, viven sobre fondos fangosos entre los 700 y los 3 665 metros de profundidad. Los hemos observado en las costas de Marruecos, en los alrededores de Canarias, las islas de Cabo Verde y las Azores. Constituyen una de las formas características de una zona determinada en una parte del Atlántico.”

Como vemos, esta especie tiene una amplia distribución en el Atlántico oriental desde Portugal hasta las islas Azores y las de Cabo Verde, alcanzando en su extremo septentrional el Banco de Galicia (Piñeiro, *com. pers.*); no se cita en la costa Atlántica africana desde Senegal hasta Namibia, volviendo a ser citada en la provincia de Natal (Surafrica); en esta amplia zona de ausencia de *A. antennatus* se encuentra el área de distribución exclusiva de *Aristeus varidens* Holtius, 1952.

En el Indico se cita en Mozambique, Zanzíbar (Tanzania), Madagascar, Islas Reunión alcanzando hasta las Islas Maldivas; en el Mar Árabe, Golfo de Aden, India y Golfo de Bengala se encuentra casi exclusivamente *Aristeus alcocki* Ramadan, 1938, aunque también puede aparecer *Aristeus semidentatus* Bate, 1881 y *Aristeus mabahissae* Ramadan, 1938.

De las ocho especies descritas para el Género, únicamente *A. antennatus* se distribuye en el Mediterráneo; en este mar la distribución es muy amplia, encontrándose en las tres Cuencas, a excepción del Adriático y Egeo debido evidentemente a limitaciones de distribución batimétrica en estos mares, siendo continua su presencia a lo largo de las

costas, tanto en la ribera Norte como en la Sur y en todas las Islas Mediterráneas, excepto las del Mar Egeo, incluyendo Chipre y Creta (Holtius, 1987) (Fig. 2.4).

Estos crustáceos se localizan en los taludes peninsular e insular, como en el caso de las Baleares, a profundidades que abarcan desde los 200 m de profundidad a fondos de más de 2 000 m. (Cartes, 1994; Cartes y Sardá, 1989, 1992, 1993; Sardá y Cartes 1993), aunque se concentran principalmente en los fondos fangosos entre los 350 y los 800 m de profundidad. Llevan a cabo importantes migraciones, tanto de carácter nictemeral como estacional, moviéndose no sólo desde los 200 m de profundidad que puede llegar a alcanzar durante la noche, hasta más de 800 m durante el día, sino que también son capaces de cambiar de localización a lo largo del año (Cartes, 1991).



Figura 2.4 .- Mapa de la distribución teórica de *A. antennatus* en el Mediterráneo, Atlántico e Indico.

#### **2.4. Muestreos y metodología**

Para el estudio de las condiciones hidrográficas, en que la especie objeto de esta Memoria desarrolla la mayor parte de su ciclo vital, y debido a la amplitud de la zona de estudio, se decidió determinar un punto de muestreo en una zona que, de alguna manera, fuera representativo de la columna de agua que caracterizara las zonas de pesca de la gamba roja en las áreas de estudio. Este punto se determinó frente al Cabo de Palos, a unos 600 m de profundidad. Los muestreos se realizaron periódicamente a bordo del B/O “Odón de Buen” del Instituto Español de Oceanografía, realizándose dos campañas al año, Marzo y Septiembre durante los años 1998 y 1999 y Junio y Noviembre en el año 2000; en cada una de estas campañas se registró toda la columna de agua de la estación, recopilando los datos de Temperatura y Salinidad empleando para ello una sonda CTD.

Para obtener una imagen directa de la explotación, localizando y caracterizando las zonas de pesca, se han realizado una serie de embarques a bordo de buques pesqueros dedicados a esta actividad. Se seleccionaron 7 embarcaciones distintas en las que se realizaron los embarques, desarrollando sus actividades en las tres zonas de estudio. Los embarques se realizaron en el periodo comprendido entre los meses de Noviembre de 1998 y Septiembre de 1999. En total se han contabilizado 125 días de embarque, correspondiendo 100 días a la zona del Golfo de Vera, 15 al Canal de Ibiza y 10 al Golfo de Alicante. En estos embarques se han efectuado un total de 170 lances válidos, realizando muestreo de tallas de la especie objetivo en 75 de ellos, midiéndose y sexándose un total de 10 255 ejemplares.

Al objeto de ofrecer una imagen de la evolución de las capturas desembarcadas en el puerto en los últimos decenios, se ha procedido a la recopilación de los desembarcos anuales de gamba roja habidos en los distintos puertos controlados para cada zona; así para

el Golfo de Alicante, el puerto seleccionado fue el de Santa Pola; para las capturas procedentes del Canal de Ibiza se controlaron los puertos de Alicante, Santa Pola y Villajoyosa, mientras que para la zona del Golfo de Vera se han seleccionado los puertos de Garrucha, y el de Aguilas. Para cada uno de estos puertos se ha confeccionando un registro histórico de los desembarcos anuales de gamba roja, que abarcan desde el año 1970 hasta 1999; los datos de este apartado se han recopilado de los resúmenes anuales de la Cofradía de Pescadores. Otro de los objetivos ha sido determinar la variación de los desembarcos de gamba a lo largo del año; para ello se han recopilado los datos de desembarcos mensuales de gamba en estos puertos durante los años 1992, 93 y 94 para las zonas de Canal de Ibiza y Golfo de Vera y de manera más exhaustiva para las capturas de origen en el Golfo de Alicante (1992-2000). Los datos empleados en este apartado proceden de la Red de Información y Muestreo (RIM) del Instituto Español de Oceanografía.

Para el estudio de la estructura de tallas de la población, estudio del crecimiento y biología reproductiva, se han realizado muestreos sobre capturas comerciales de la especie objetivo y desembarcadas en los distintos puertos seleccionados para cada zona.

Los muestreos mensuales realizados en el Puerto de Santa Pola, para desembarcos de gamba roja capturada en el Golfo de Alicante, abarcaron desde enero de 1995 a diciembre de 1998, con un total de 48 muestreos contabilizándose un total de 15 683 ejemplares que fueron medidos y pesados.

Por otra parte, en este mismo puerto, se realizaron muestreos mensuales sobre capturas de gamba roja procedentes de los caladeros del Canal de Ibiza. Los muestreos cubrieron desde enero de 1992 a diciembre de 1994. En total se realizaron 36 muestreos de tallas, durante los cuales un total de 8 613 ejemplares fueron medidos y pesados.



Las capturas procedentes del Golfo de Vera se muestrearon en el puerto de Garrucha durante los años 1992, 1993 y 1994 con periodicidad mensual. En total se han efectuado 36 operaciones de muestreo de tallas, desde enero de 1992 a diciembre de 1994, contabilizándose un total de 6 759 individuos muestreados.

Para conocer la composición por tallas de las capturas, se cubrieron las diferentes categorías comerciales presentes en las capturas, por medio de un muestreo aleatorio estratificado. Cada muestreo fue realizado sobre las capturas obtenidas por dos embarcaciones distintas cada mes, realizándose las consiguientes expansiones del número de individuos de la muestra, por clase de talla, sexo y categoría comercial, al total de la captura de cada embarcación para cada categoría comercial y finalmente al total de la captura mensual de la especie realizada por el total de la flota, promediando los resultados de cada muestreo mensual y obteniendo una única extrapolación para cada mes.

Independientemente de los muestreos de talla, y durante el mismo periodo para cada puerto, se tomaron muestras para su estudio en laboratorio: Sobre ellos se realizó un muestreo biológico, siendo medidos en su longitud cefalotorácica (Lc) al milímetro, registrando el peso individual, con precisión de décima de gramo, el sexo, el índice de madurez sexual y la presencia de espermátforo en las hembras. En los muestreos realizados durante los meses de reproducción se consideró además, en las hembras, el peso gonadal a la milésima de gramo. En total se realizaron 84 muestreos biológicos en los que se midieron 22 013 ejemplares.

### **3. MARCO DE ESTUDIO**

#### **3.1. El Medio Físico**

##### ***3.1.1. Introducción***

La distribución y abundancia de las especies están directamente relacionadas con las condiciones ambientales con que se encuentran. El ambiente puede ser considerado como un espacio multidimensional cuyos ejes son aspectos del ambiente en el que vive la especie (Levinton, 1982); así las comunidades que habitan en un ecosistema reflejan la variabilidad del ambiente y de los componentes abióticos del mismo. En nuestro caso estos ejes podrían estar constituidos por la profundidad, temperatura, salinidad, tamaño medio del sedimento, geomorfología (Gray, 1974; Somers, 1987; Somers *et al*, 1987; Pères, 1989) y, en el caso de la especie que nos ocupa, el grado de inclinación (pendiente) del talud continental (Cartes y Sardá, 1992; Cartes *et al*, 1994; Sardá *et al*, 1994) y la intensidad lumínica (Tobar y Sardá, 1992). Cada especie puede sobrevivir y reproducirse en un rango, más o menos estrecho, de variaciones ambientales, o *nicho fundamental*, denominándose a la parte realmente ocupada *nicho realizado* (Levinton, 1982). Esta ocupación puede ser temporal ya que, cualquier variación de un factor en el nicho realizado, que no haya sido adaptado genéticamente en el nicho fundamental, conlleva una pérdida del ajuste de la especie al nicho, pudiendo llegar a desaparecer del mismo.

Por lo tanto la primera aproximación a la especie objeto de estudio, debe basarse en el conocimiento del medio en que se encuentra; para ello es necesario caracterizar el marco físico y analizar las características medioambientales en que dicha especie desarrolla su ciclo biológico y donde, además, tiene lugar su explotación como recurso. Este conocimiento puede ayudar a comprender algunas particularidades en la distribución de la especie, incluyendo desplazamientos estacionales. Para ello se ha

recopilado información sobre los aspectos geológicos, sedimentarios e hidrológicos de las zonas de estudio, caracterizando, además, las masas de agua encontradas en una zona piloto representativa.

### ***3.1.2. Geomorfología***

#### 3.1.2.1. Introducción

Como se ha expuesto en el Capítulo anterior, *Aristeus antennatus* tiene una amplia distribución batimétrica; por otra parte su distribución espacial está directamente ligada con la geomorfología del substrato, ya que su presencia está relacionada con la existencia de cañones submarinos en las proximidades (Demestre y Martín, 1993, Martínez-Baños, 1997), teniendo gran importancia la granulometría del sustrato, ya que, al ser una especie caracterizada por explotar recursos de tipo endobentónico de fondos fangosos (Cartes, 1991), tiende a localizarse en fondos de tipo arenoso-fangoso y fangoso, típicos del talud en zonas de hidrodinamismo poco acentuado.

#### 3.1.2.2. Morfología

El Mar Mediterráneo cubre una superficie próxima a los  $2 \times 10^6$  Km<sup>2</sup>, entre los continentes de Europa y Africa. Comunica al Oeste con el Océano Atlántico a través del Estrecho de Gibraltar, y al Este con el Mar Negro, a través de los Dardanelos y el Estrecho del Bósforo. Con una profundidad máxima de 5 093 m localizada en la Fosa Helénica, posee una profundidad media cercana a los 1 500 m., existiendo grandes diferencias en función de la región que se analice. La Cuenca Mediterránea, está dividida en varias subcuencas que están separadas, en mayor o menor grado, las unas de las otras, por altos estructurales, penínsulas o islas (Díaz del Río, 1991).

La Cuenca Mediterránea Occidental ha adquirido su configuración actual tras una serie de complejas interacciones de convergencia de las placas africana y la euroasiática, con un posterior relleno sedimentario. Actualmente se distinguen cinco unidades

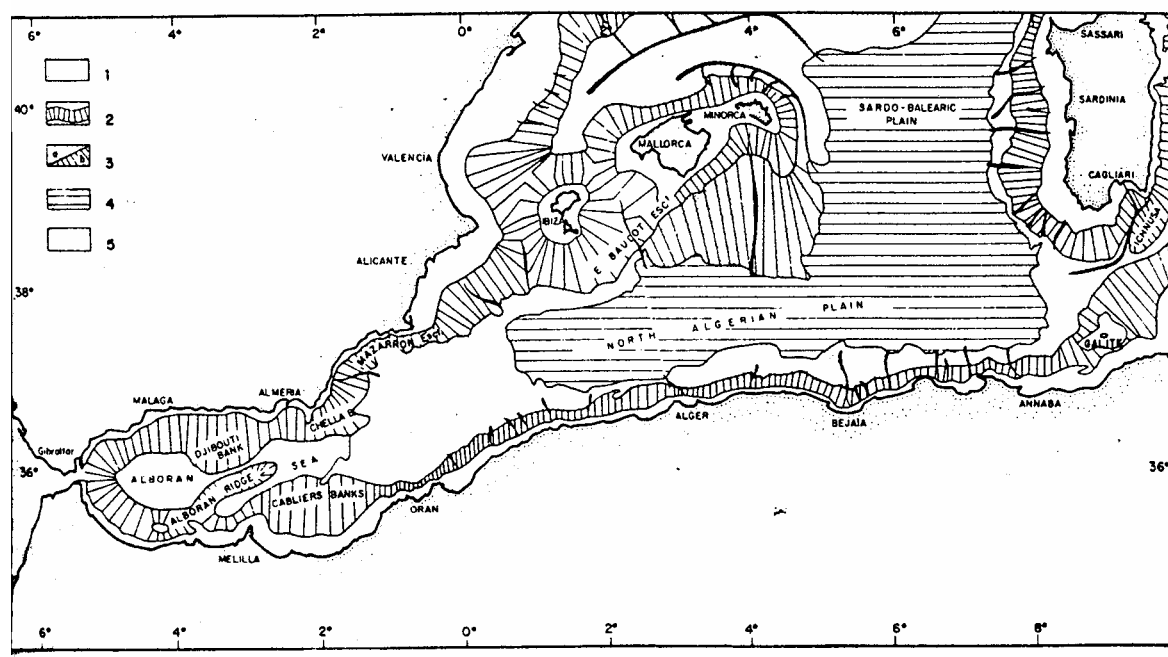
morfológicas; Plataforma Continental, Talud Continental, Glacis Continental, Llanura Batial y Mar de Alborán. De estas zonas y para el interés de este trabajo, dos de ellas son de gran importancia por ser las zonas de distribución de la especie y de explotación del recurso; la Plataforma Continental y el Talud Continental.

La Plataforma Continental se presenta como una superficie ocasionalmente irregular y de anchura variable, formada principalmente por sedimentos recientes (Neógeno y Cuaternario) depositados sobre una superficie erosiva Messiniense (Díaz del Río, 1991). Los sedimentos aportados por los principales ríos de la Cuenca, Ródano y Ebro, forman amplias plataformas en los Golfos de León y de Valencia; la Cuenca Neógeno-Cuaternaria de Valencia se prolonga aguas afuera sobre la plataforma continental, con un recubrimiento sedimentario de gran potencia, adaptándose al substrato con suaves pliegues tendidos que siguen la dirección del Sistema Ibérico (Rey y Díaz del Río, 1983; Díaz del Río *et al*, 1986), repitiéndose este hecho frente a la Cuenca periférica Neógena de Murcia, entre el Cabo de Huertas y el Cabo de Palos. La pendiente media de la plataforma es de un 0.33 % localizándose la ruptura de pendiente en torno a los 110 m de profundidad (Díaz del Río, 1981), aunque varía ostensiblemente de unas zonas a otras del mediterráneo Occidental pudiendo superar los 200 m frente a Córcega, perdiendo amplitud significativamente desde cabo de Palos hasta el estrecho de Gibraltar (Rey y Díaz del Río, 1984).

El Talud Continental no presenta un único tipo morfológico en el Mediterráneo occidental ya que en unas zonas se presenta como un substrato rocoso mientras que en otras presenta un recubrimiento sedimentario que suaviza el relieve; en general las pendientes son elevadas (entre 6° y 10°) comprendiendo desde la ruptura de pendiente de la Plataforma hasta los 2 000 m de profundidad aproximadamente. Los márgenes continentales próximos a sistemas montañosos presentan una pendiente de talud muy

acusada, llegando a 15° en algunas zonas (Alpes ligúricos, Córcega, Argelia...), mientras que los márgenes situados en zonas de progradación el talud desciende de manera más suave y sin relieves de importancia, tal como ocurre en el Golfo de León, Mar Catalán y Levante ibérico (Díaz del Río, 1991). En ocasiones el Talud presenta unos accidentes que resultan de gran importancia, consistiendo en unos surcos excavados o desarrollados a partir del borde de la plataforma, aguas afuera, y que constituyen los valles y cañones submarinos (Díaz del Río, 1991).

Los Cañones submarinos son valles de morfología abrupta, estrechos, con sección transversal tanto en “V” como de fondo plano. En general tienen su origen en las proximidades de la costa, en la plataforma continental o en las zonas superiores del talud continental. En su formación pueden actuar varios mecanismos incluyendo desde procesos erosivos y sedimentarios a procesos de tipo tectónico. En general se acepta una erosión submarina originada por una combinación de procesos de transporte de sedimentos en masa de diversos tipos (corrientes de turbidez), en zonas favorecidas por las directrices estructurales, pudiendo actuar una erosión subaérea en los casos en que su cabecera corta la plataforma continental. La presencia de accidentes estructurales en el margen continental y de ríos en el continente son, en algunos casos, factores determinantes para la génesis de los cañones submarinos (IGME, 1990).



**Figura 3.1.- Esquema de las unidades fisiográficas de la cuenca mediterránea Sur-Occidental: 1) Plataforma continental; 2) Talud; 3) Glacis continental; 4) Llanura batial y 5) Cuencas de sedimentación. (Rehault *et al*, 1985; Auzende, 1978, Auzende *et al*, 1975) Tomado de Díaz del Río, 1991.**

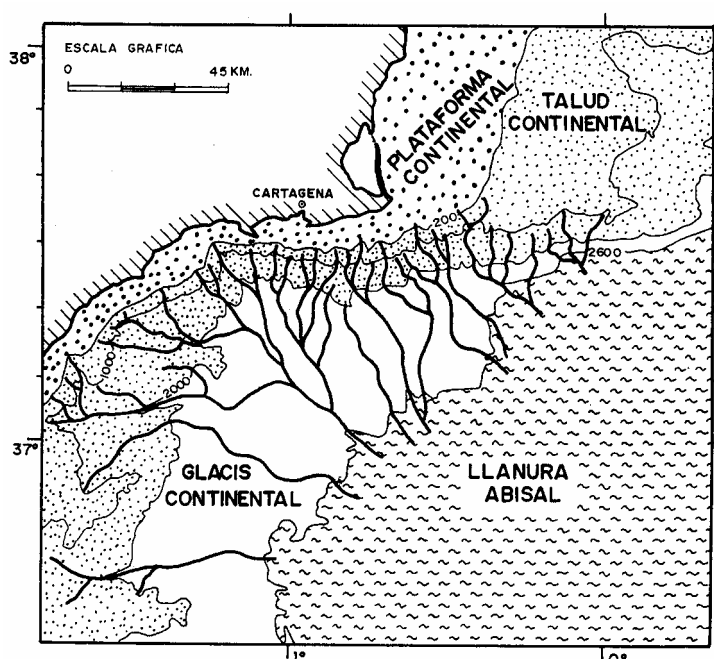
### 3.1.2.3. Descripción de las zonas de estudio

La Plataforma continental de Alicante cubre un área de 3 392 km<sup>2</sup>. Desde Cabo San Antonio hasta Cabo Palos tiene una anchura media de 32 km, con un mínimo de 23 km frente a Santa Pola y una anchura máxima de 40 km frente a Altea. El borde de la Plataforma tiene una longitud de 106 km, situándose a 110 o 140 m de profundidad según las zonas, predominando los fondos arenosos y fangosos. El talud tiene un relieve uniforme presentando una anchura entre 30 y 52 km, con fondos fangosos y presentando dos cañones; el de Alicante, que se trata de un amplio valle (de unos 3 Km de anchura) y de pendiente suave cuya cabecera se encuentra a unos 750 m de profundidad, y el Cañón de Benidorm, más estrecho (1 Km) y abrupto (pendiente del 30%) que el de Alicante, con una cabecera que tiene origen al pie del talud continental a 650 m de profundidad.

Las Baleares son, propiamente, las islas del Mediterráneo occidental. Se localizan entre los 38° 35' y los 40° 05' de latitud Norte y entre los meridianos 04° 20' y 01° 15' de longitud Este, estando situadas en la Cuenca Algero-Provenzal del Mediterráneo occidental. Tienen alrededor de 1 054 km de perímetro costero y un área de 5 014 km<sup>2</sup>, incluyendo 189 islas rocosas. Están orientadas del SW al NE en el medio de la Cuenca occidental a una distancia de 170 km de las costas de Levante, y a 300 km de la costa Argelina y a 350 km del litoral de Cerdeña, siendo las islas del Mediterráneo que se encuentran más separadas de costa. El relieve sumergido de las Islas Baleares incluyen 10 688 Km<sup>2</sup> de plataforma y 12 881 km<sup>2</sup> de talud. La isla más grande es la de Mallorca, con una superficie de 3 391 Km<sup>2</sup>. Las islas forman dos grupos; Malloca-Menorca e Ibiza-Formentera, separadas entre sí por el canal de Mallorca (de 40 millas náuticas de anchura y 600 m de profundidad), mientras que el segundo grupo está separado de la Península por el Canal de Ibiza, de 47 millas náuticas de anchura y 700 m de profundidad, siendo su plataforma insular estrecha en ambos casos (unas 10 m.n. aproximadamente).

El Cabo de Palos divide la plataforma continental en dos sectores fisiográficos; uno hacia el Norte u oriental y otro hacia el Sur u occidental, separados por el afloramiento de un zócalo situado frente a Cabo de Palos. La plataforma del sector oriental, comprendida desde Cabo de Palos hasta el límite con la provincia de Alicante (Cala del Mojón), tiene una longitud de unos 40 Km y una anchura media de 25 Km, presentando su máxima anchura frente a Punta Prima (30 km) y el mínimo frente al Cabo de palos con 13 Km. El borde de la plataforma se sitúa hacia los 130 m de profundidad, dando paso a un talud continental entre suave y abrupto debido a una estructura de zócalo de la plataforma.

La plataforma del sector occidental, desde Cabo Palos hasta Cabo de Gata, presenta una longitud de unos 100 Km, siendo más estrecha ya que su anchura media es de unos 6 Km, sobre todo frente al Cabo Tiñoso donde sólo alcanza 2,5 Km de anchura. El borde del talud se presenta escalonado, pudiendo situarse la ruptura de pendiente en torno a los 105 m de profundidad (IGME, 1990). La zona meridional presenta numerosos cañones submarinos (Fig.3.2) que están prácticamente ausentes en la oriental, a excepción del valle de Torrevieja.



**Figura 3.2.- Red de valles y cañones submarinos que se desarrollan en el Margen Continental de Murcia y Almería, en la zona comprendida entre Cabo de Gata y Cabo de Palos. Tomado de Díaz del Río, 1991.**

La zona sur del Golfo de Vera, comprendida desde Cabo de Gata hacia el Norte, presenta una plataforma continental bastante irregular, con una anchura de entre 4 y 6 Km, presentando una serie de escarpes alineados o terrazas a partir de los 90 a 130 m de profundidad; esta plataforma se va haciendo más ancha hacia el sur, una vez superado el Cabo de Gata, llegando a alcanzar los 20 Km, con un progresivo aumento de la extensión y desarrollo del talud continental. En esta zona se presentan varios cañones



submarinos como el de Palomares y, un poco más al sur, el de Gata que presentan numerosos subsidiarios.

#### 3.1.2.4. Sedimentos

Con respecto a la caracterización de los sedimentos superficiales, en la zona del golfo de Alicante se diferencian dos zonas; una al Norte del Cabo de la Huerta y otra hacia el Sur del cabo. En la zona Norte o septentrional, muestra un predominio de limos y arcillas, tanto en plataforma como en talud, evidenciando una sedimentación de tipo actual; por el contrario en la zona meridional los sedimentos gruesos cubren no sólo la franja litoral (como en el caso anterior) sino que se extienden por toda la plataforma e incluso cubren una extensa zona del talud continental. Esta variedad de sedimentos superficiales, tanto relictos y palimpsest como actuales, sugiere un hidrodinamismo más elevado en la zona, con influencias del río Segura en el extremo Sur (IGME, 1994). En el Golfo de Vera existe, a grandes rasgos, un predominio de sedimentos groseros, arenas y gravas, que disminuyen de tamaño de grano hacia el borde del talud, donde predominan los limos y arcillas. La plataforma al norte de Carboneras está cubierta de sedimentos que presentan una compleja distribución textural, a modo de un mosaico de gravas, arenas, arenas limosas, limos arenosos, limos arcillosos y limos. Una distribución similar se presenta en el sector de la plataforma situado al oeste de Adra (IGME, 1982).

En un estudio granulométrico de los sedimentos superficiales de distintos caladeros de *A. antennatus* en la zona de Murcia, Martínez-Baños (1997) agrupa las muestras en tres clases granulométricas; fangosos, arenoso-fangosos y arenas medias, reflejando la variabilidad granulométrica de los sedimentos superficiales de los caladeros de la zona. El autor concluye que, si bien no existe una homogeneidad en la composición textural

de los sedimentos en los distintos caladeros estudiados, los rendimientos que observa son mayores en aquellos que presentan sustrato fangoso.

### ***3.1.3. Hidrología***

#### **3.1.3.1. Introducción**

En líneas generales, la circulación superficial de las aguas en el Mar Mediterráneo está formada por un complejo sistema de masas de agua que se desplazan en sentido paralelo al ecuador de Oeste a Este. Debido a que la cuenca Mediterránea se caracteriza por un clima árido, con dominancia de la evaporación sobre la precipitación, el déficit es compensado por la entrada de agua Atlántica por el Estrecho de Gibraltar, actuando el Atlántico como un reservorio del Mediterráneo. De este modo las aguas Atlánticas van circulando por el Mediterráneo (Fig.3.3) sufriendo un incremento de concentración de sus sales, debido a la dominancia de la evaporación, con gran influencia estacional; éste aumento de la salinidad hace que las aguas aumenten su densidad, hundiéndose paulatinamente, de modo que en el extremo oriental de la cuenca se encuentran totalmente modificadas, retornando hacia el Oeste en profundidad y saliendo nuevamente al Atlántico por el estrecho de Gibraltar. Así el Estrecho se caracteriza por una la existencia de dos corrientes superpuestas y de movimiento inverso; una corriente superficial de entrada de aguas Atlánticas y una salida en profundidad de aguas Mediterráneas mas densas.

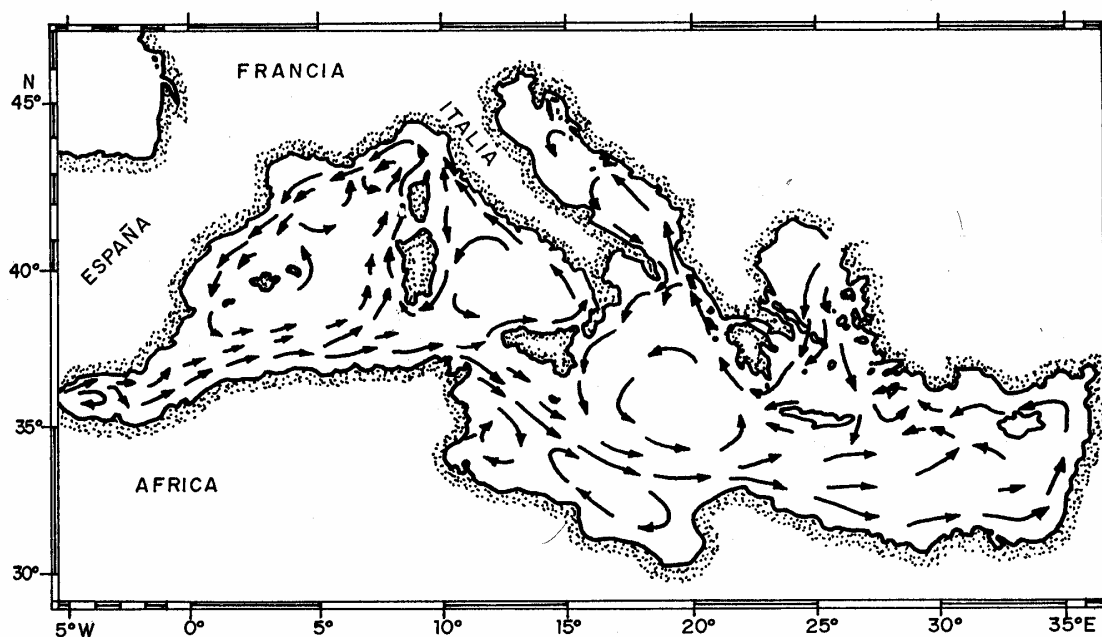


Figura 3.3.- Esquema de circulación general superficial de las aguas en el Mediterráneo. (Lacombe y Tchernia, 1972). Tomado de Díaz del Río, 1991.

Esta corriente Atlántica superficial está afectada por la Fuerza de Coriolis, que la empuja hacia la derecha y la obliga a discurrir pegada a la costa africana. Esto da lugar a una circulación de tipo ciclónico en las diferentes cuencas a partir de los puntos de entrada o de las áreas de formación de las masas de agua (Cano, 1977; Rodríguez, 1982). Como ejemplo del fenómeno, se observa el gran giro ciclónico existente entre el Cabo de Gata y el Cabo de Palos que origina un desplazamiento de agua entrante en dirección O-E (Díaz del Río, 1991).

La frontera occidental de la Cuenca Occidental Mediterránea está formada por tres zonas hidrográficas e hidrodinámicas diferenciadas e inscritas dentro de la plataforma continental mediterránea española y la francesa del Golfo de León; el Mar de Alborán, la plataforma continental en el mar Catalano-Balear y por último la correspondiente al Golfo de León.

El Mar de Alborán presenta una hidrodinámica gobernada principalmente por el flujo de agua Atlántica que entra a través del estrecho de Gibraltar (Gil, 1992). Los estudios

realizados en la zona (Cano, 1977, 1978; Cano y Gil, 1984) presentan diferentes estructuras para la circulación general. En todos se hace una división del Mar de Alborán en dos zonas; la occidental, caracterizada por un giro ciclónico permanente, y la oriental que presenta mayor variabilidad pudiendo estar ocupada, según los casos, por giros ciclónicos o anticiclónicos de posición e intensidad variable (Gil, 1992) según se haya formado (situación normal) o no (situación anormal) el frente Almería-Orán (López-Jurado *et al*, 1996) (Fig. 3.4).

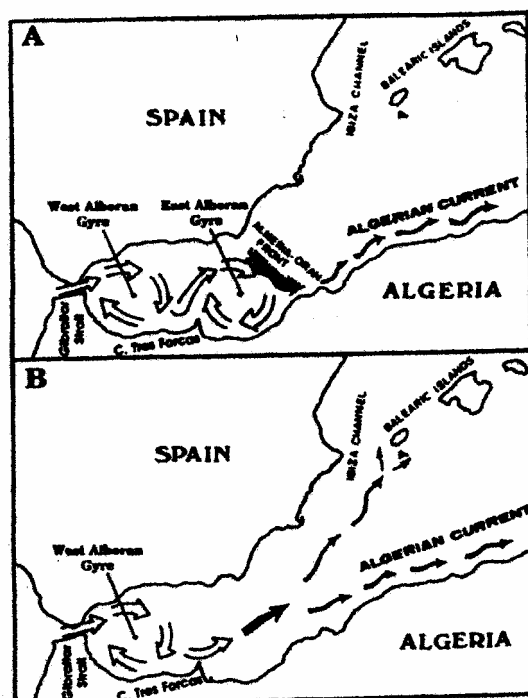
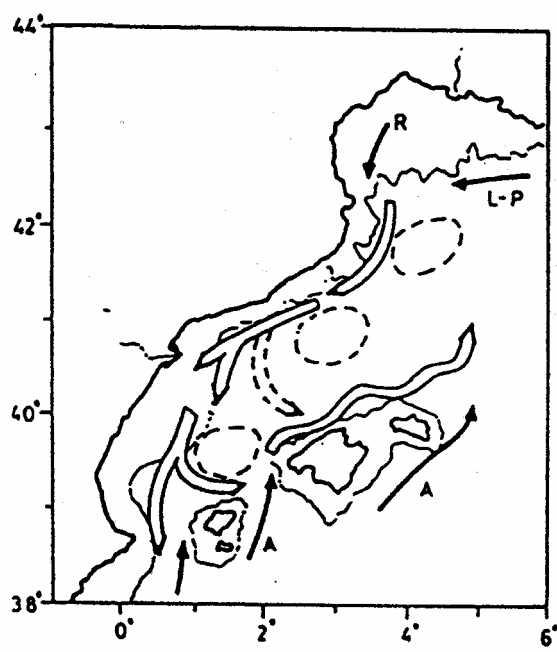


Figura 3.4.- Patrones de circulación de las Aguas Atlánticas en el Mar de Alborán y en la Cuenca Argelina: A) Situación normal, con el Frente Almería-Orán formado y B) Situación anómala, sin establecimiento del Frente. Tomado de López-Jurado *et al*, 1996.

En el mar Catalano-Balear la circulación general termohalina es de tipo ciclónico; en dirección SO discurre la corriente catalana, paralelamente al talud y cuyo origen está en la corriente Ligur-Provenzal y la corriente del Ródano, que llega hasta el Cabo de Creus (Fig.3.5).



**Figura 3.5.- Circulación en el Mar Catlán: R) Corriente del Ródano, L-P) Corriente Ligur-Provenzal y A) Corriente Atlántica (Font, 1986).**

Parte de la corriente catalana diverge hacia el NE, en el golfo de Valencia, y bordea la parte norte de las islas Baleares; el resto de la corriente catalana sigue hacia el sur a través del Canal de Ibiza (Gil, 1992).

Este sería, a grandes rasgos el esquema general de circulación superficial en el Mediterráneo español; sin embargo y para comprender mejor el medio en que se desarrolla y explota la gamba roja, hemos de considerar la totalidad de la columna de agua, al menos hasta profundidades de 500 m.

Al considerar la columna de agua podemos encontrar diferentes características en su temperatura y salinidad, debido a que, en el Mediterráneo, podemos distinguir diversas masas de agua, con caracterización termohalina para cada una de ellas. Las principales son:

*Aguas Atlánticas (AW)*: Son las que entran en superficie desde el Atlántico por el estrecho de Gibraltar, siguiendo el esquema de circulación general anteriormente expuesto.

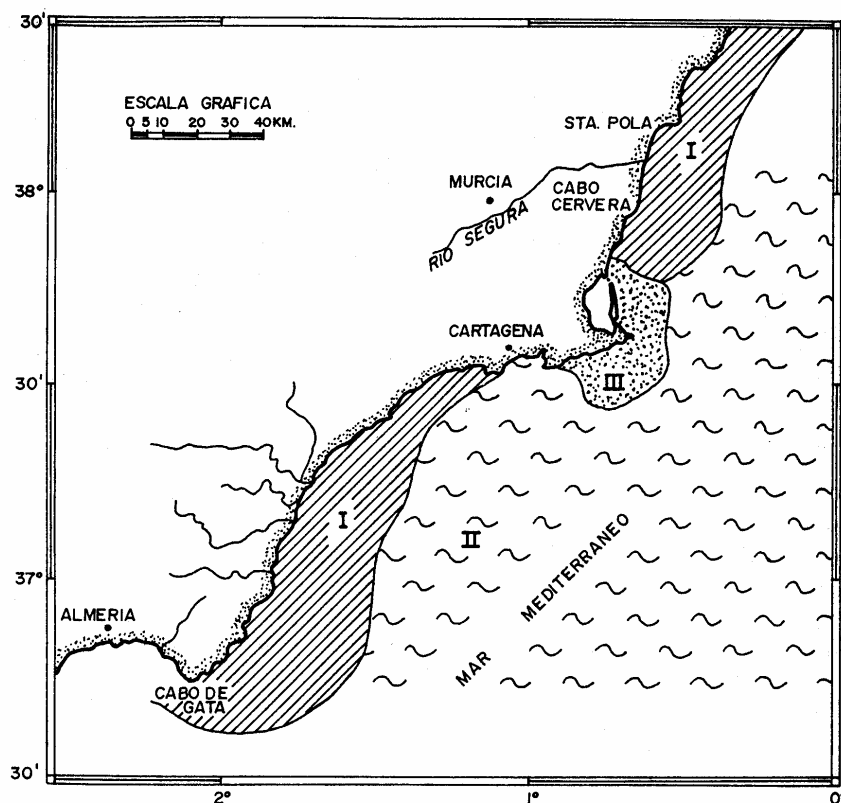
*Aguas Atlánticas Locales (LAW)*: Son aguas Atlánticas modificadas, generalmente más frías y saladas que las de origen, y suelen ocupar la capa de 0 a 300 m. Se mueven en la circulación general ciclónica, bajando paralelamente a la costa española hacia el S, formando la corriente Catalana, pasando a través del Canal de Ibiza hacia el S, con alguna deflexión hacia el Norte.

*Aguas Atlánticas Modificadas (MAW)*: se forman por la mezcla entre aguas Atlánticas (AW) y aguas Mediterráneas (MW) presentes en la cuenca argelina. Se suelen encontrar en la capa superficial (0-150 m) y penetran en la cuenca balear desde el sur de los canales de las islas.

*Aguas Levantinas Intermedias (LIW)*: Son las formadas por evaporación y que retornan desde el Mediterráneo oriental por medio de un giro anticiclónico, a lo largo de la costa Norte del Mediterráneo; se encuentran en la zona intermedia, alcanzando hasta los 700 m, y se caracterizan por una alta salinidad y elevada temperatura.

*Las Aguas Intermedias de Invierno (WIW)* y las *Aguas Profundas (DW)* son masas de formación estacional, invernales en ambos casos, que se forman bien en el norte del mar Balear, como en el primer caso, bien en el Golfo de León y mar Lígur en el segundo; las primeras (WIW) se encuentran en la capa intermedia y pueden fluir hacia el sur del mar balear a través del Canal de Ibiza, mientras que las otras (DW) ocupan la capa de fondo del Mediterráneo Occidental y su circulación no se conoce en detalle.

Además, a estas masas de agua definidas, se podrían añadir otras generadas en condiciones locales, como es el caso de la zona de influencia de las aguas de intercambio procedentes de la laguna litoral de Mar Menor (III), como describe Díaz del Río, (1991) basándose en Cano y Gil (1984) (Fig.3.6).



**Figura 3.6.- Masas de agua superficiales localizadas en la zona de estudio; la masa I es mas salada que la II (mas Atlántica) mientras que la III muestra influencias de aguas hipersalinas del Mar Menor. (Cano y Gil, 1984). Tomado de Díaz del Río, 1991.**

Los estudios realizados en la zona de interés para este trabajo no son abundantes; así vemos que López-Jurado (1996) en un estudio de los intercambios de aguas en los canales de las Baleares, realizó un transecto desde la costa peninsular, a la altura de Castellón, hasta la isla de Ibiza en el que caracterizó las masas de agua hasta los 600 m de profundidad. Encontró LAW, de salinidad mayor de 37,5 psu, hasta los 300 m cerca de la costa peninsular y fluyendo hacia el sur; MAW, de salinidad menor de 37,5 psu, hasta los 150 m, y fluyendo hacia el norte cerca de Ibiza, pero con marcada variabilidad estacional. La WIW se encuentra justo debajo de estas capas superficiales y encima de

la LIW, con temperaturas por debajo de los 13° C y salinidades entre 37,7 y 38,3 psu, mostrando una gran variabilidad estacional; la capa de LIW forma una capa continua entre los 250 y 700 m de profundidad en el Canal de Ibiza, estando caracterizada por temperaturas entre 13,2 y 13,4° C, con máximas de salinidad de 38,5 psu entre los 400 y los 450 m de profundidad. Las aguas profundas (DW) se encuentran debajo de la capa de LIW a profundidades de 800 m a ambos extremos (N y S) del Canal mostrando valores de temperaturas menores de 12,9 y menos de 38,4 de salinidad; ocasionalmente se ha detectado DW a menor profundidad, sobre la repisa del Canal de Ibiza (Fig.3.7).

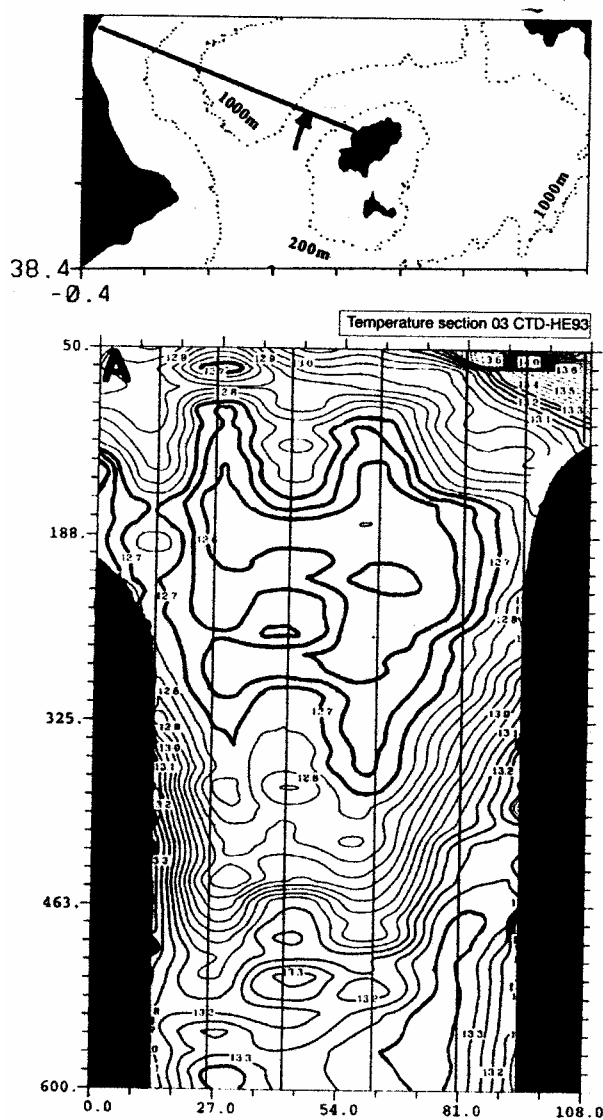


Figura 3.7.- Sección vertical de un transecto entre la Península e Ibiza, mostrando las distintas masas de agua (Tomado de López-Jurado *et al*, 1996).



En la zona comprendida entre cabo Gata y cabo de San Antonio, Gil (1992) diferencia tres zonas, en función de la caracterización termohalina que encuentra: la primera entre Cabo de Gata y las proximidades de Cartagena, las segunda ocupa la zona comprendida entre Cartagena y Alicante y la tercera entre Alicante y Cabo de la Nao, zonas que quedan separadas entre sí por sendos frentes halinos. La estructura superficial parece indicar que el flujo Atlántico, a su salida del Mar de Alborán, ha bañado la zona entre Cartagena y Alicante, teniendo muy poca influencia sobre las otras dos zonas antes mencionadas; así mismo se detecta la existencia de dos remolinos anticiclónicos, uno muy marcado, por fuera de la plataforma (sobre los 38°) y otro dentro de la plataforma sobre los 38° 30' (Gil, 1992) (Fig.3.8). La máxima profundidad alcanzada en este estudio fue de 100 m, nivel al que se observa claramente una zona frontal ligera, pero que indica claramente una circulación anticiclónica en la zona comprendida entre Cartagena y Cabo de la Nao (Gil, 1992) (Fig.3.9).

El autor concluye que las capas someras sobre la plataforma continental están sometidas a la influencia de la corriente termohalina general y a los efectos atmosféricos, principalmente los vientos dominantes en la zona.

Todo parece indicar que la hidrografía en la plataforma responde, por un lado, a la corriente termohalina general, en dirección sur-oeste (LAW) y por otro lado a los procesos de mesoescala causantes de los remolinos anticiclónicos que se observan en la zona, formando núcleos que atrapan aguas continentales del Ebro, y una zona de aspecto ciclónico en la parte sur del Golfo de Valencia, con un marcado núcleo de aguas frías y de alta salinidad. Todas estos fenómenos están separados por zonas frontales mas o menos intensas que indican una evidente actividad de mesoescala; la ausencia de zonas frontales en el talud parecen indicar una baja actividad de la corriente al borde de la plataforma (Gil, 1992).

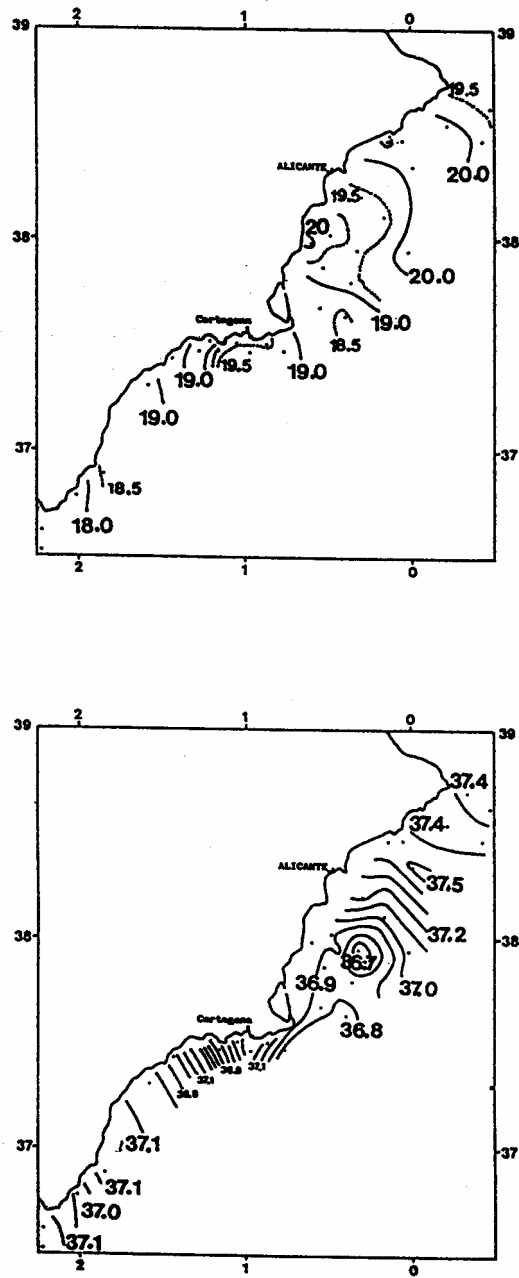


Figura 3.8.- Isothermas (arriba) e isohalinas (abajo) en superficie, en la zona de Cabo Gata a Cabo de la Nao (Tomado de Gil, 1992).

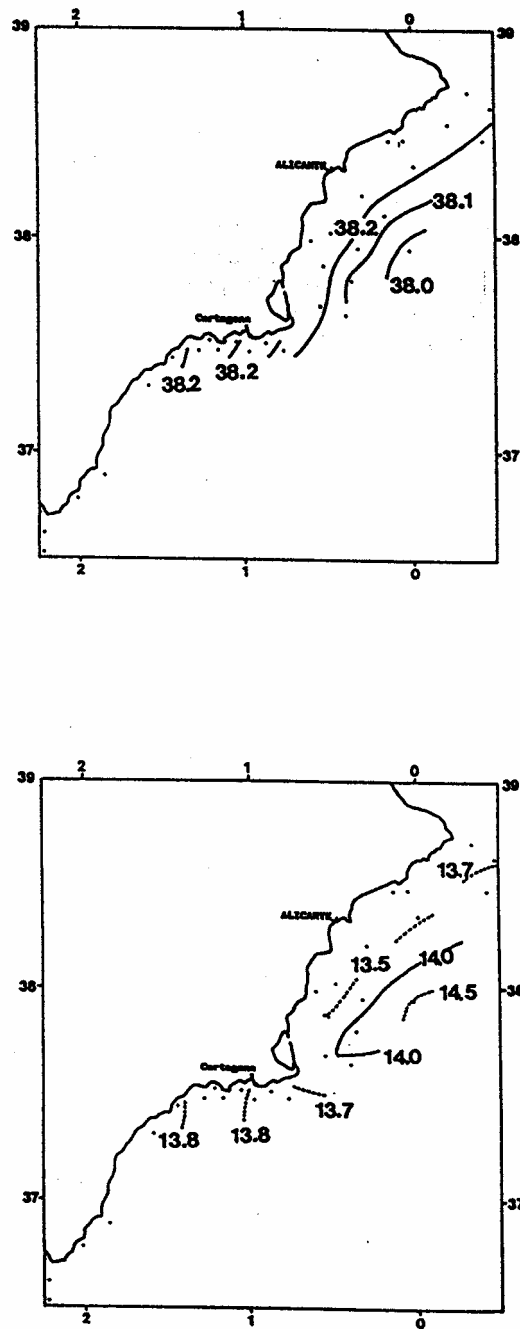


Figura 3.9.- Isotermas (arriba) e isohalinas (abajo) a 100 m de profundidad, en la zona de Cabo Gata a Cabo de la Nao (Tomado de Gil, 1992).

Más al Norte, en el Golfo de León y en el Mar Catalán, Font *et al* (1995) describen las variaciones estacionales de mesoescala de la corriente Liguro-Provenzo-Catalán o Corriente del Norte; ésta sigue el contorno de la plataforma del Mediterráneo nor-oriental desde el Golfo de Génova hasta, por lo menos, el Golfo de Valencia (Millot,

1987). Se le ha descrito como un flujo permanente, afectado por grandes variabilidades a diferentes escalas, siendo mayor el flujo en invierno que en verano; las aguas dulces procedentes tanto del Rhône como de otras descargas continentales refuerzan el correspondiente frente plataforma/talud con una pluma de aguas frías superficiales que es transportada por la corriente hasta la entrada del golfo de Valencia. Este clásico frente plataforma/talud, que separa las aguas de baja salinidad de la plataforma de las aguas oceánicas más salinas, está presente a lo largo de todo el año en los primeros 300 m de profundidad caracterizándose por claros gradientes de salinidad y débiles variaciones de temperatura, extendiéndose en superficie hasta la isobata de los 1 000 m. Las variaciones estacionales de la Corriente del Norte están más relacionadas con la evolución de éste frente que con la variabilidad de los vientos locales (Font *et al*, 1995) debilitándose e interaccionando con aguas procedentes del Sur, haciéndose más complejo su patrón de circulación, conforme se acerca a las Islas Baleares (García Ladona *et al*, 1994). A nivel superficial Gil (1992) encuentra mayor incidencia de las aguas Atlánticas que salen de Alborán sobre la zona de Cartagena-Alicante que en el Golfo de Vera y en el de Valencia, estando las zonas, separadas entre sí por frentes halinos, mientras que no detecta el frente plataforma-talud, lo que indicaría una baja actividad de la corriente del Norte en el borde de la plataforma en la zona, en contraposición a la presencia permanente del frente en zonas situadas más al Norte (Font, 1995).

En nuestro caso y debido a la amplitud de la zona de estudio se decidió determinar un punto de muestreo en una zona que, de alguna manera fuera representativo de la columna de agua que caracterizara las zonas de pesca de la gamba roja en el área de estudio. Por distintas consideraciones tanto de morfología submarina, ya que separa dos sectores fisiográficos, como de hidrología, así como de proximidad al Centro

Oceanográfico de Murcia, situado en la ribera interna del Mar Menor, se eligió la zona de Cabo de Palos. Dicho punto de muestreo se incluyó en el estudio sistemático y continuado de los procesos biológicos y ambientales del litoral mediterráneo español (Proyecto Radiales; Campañas ECOMURCIA) que comenzaron a realizarse en 1997.

### 3.1.3.2. Material y Método

La estación determinada se situó a 37° 27' 366 de latitud Norte y 00° 45' 262 de longitud Oeste, con una sonda de 585 m (Fig. 3.10), pudiendo caracterizar de este modo la columna de agua en que se desarrolla gran parte del ciclo biológico de la gamba roja, y donde se realiza asimismo la explotación del recurso. Los muestreos se realizaron periódicamente a bordo del B/O “Odón de Buen” del Instituto Español de Oceanografía, realizándose dos campañas al año durante los años 1998, 1999 y 2000; en los dos primeros las campañas fueron realizadas en los meses de Marzo y Septiembre, mientras que en el último se realizaron en Junio y Noviembre.

Los muestreos de la columna de agua se realizaron periódicamente empleando para ello una sonda CTD, Sea-Bird SBE 25, con la que se obtuvieron registros continuos de Temperatura y de Salinidad desde la superficie hasta los 500 m de profundidad. Durante las campañas realizadas en el primer año de muestreo, se empleó un modelo de CTD diferente, alcanzándose sólo los 300 m de profundidad, por lo que los datos obtenidos no se han utilizado en este trabajo al considerarlos poco representativos. Sí se han utilizado los datos de las campañas realizadas en los años 1998, 1999 y 2000, efectuadas en distintas épocas del año, con lo que se ha cubierto la estacionalidad anual; desafortunadamente y debido al alejamiento de la estación de la costa, las inclemencias del tiempo no han permitido muestrear con la intensidad deseada, aunque sí ha sido suficiente el número de muestras para caracterizar las masas de agua, obteniendo una imagen estacional de la evolución anual.

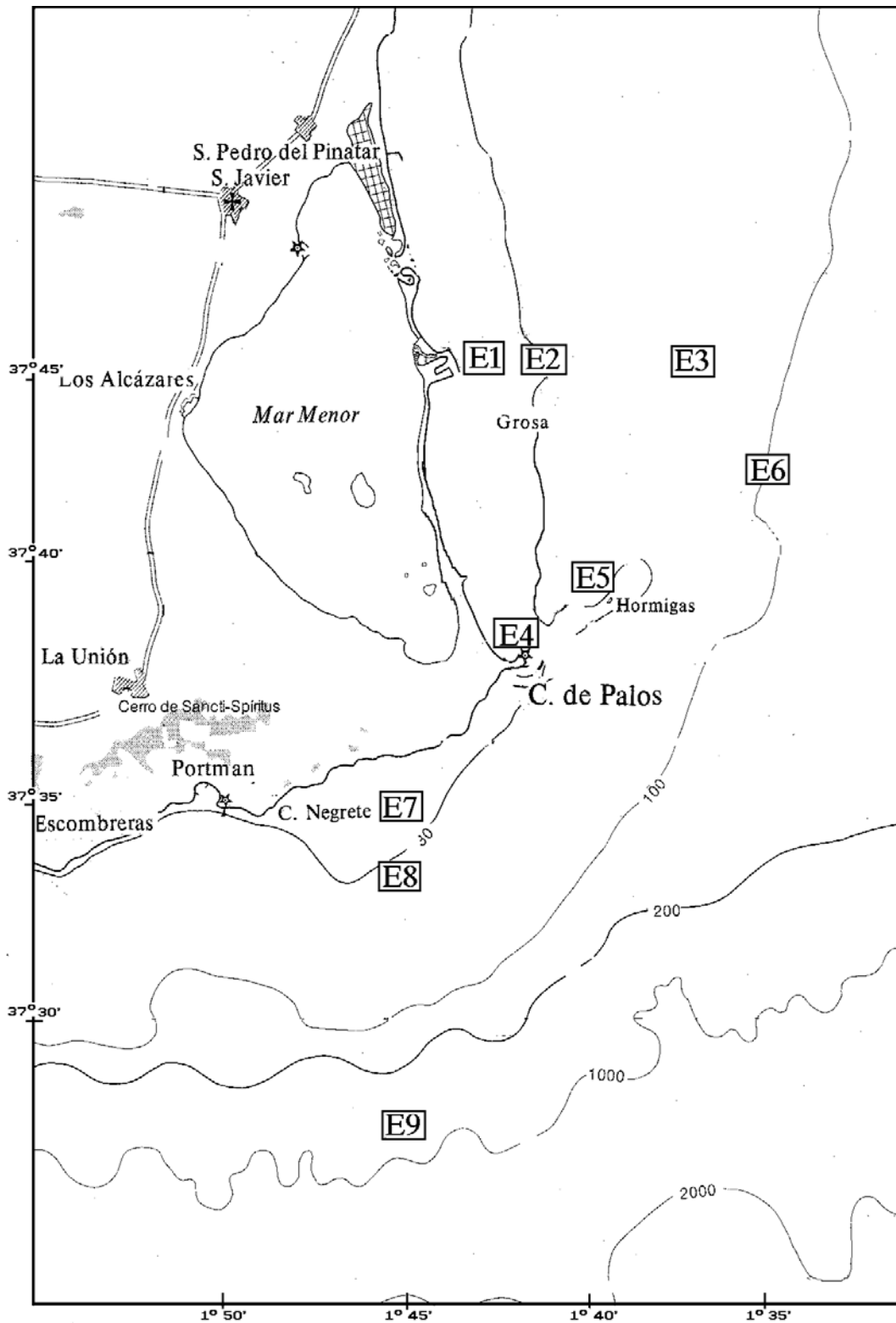


Figura 3.10.- Localización de las Estaciones fijas de muestreo en la serie de Campañas ECOMURCIA; la estación seleccionada es la n° 9.



**Figura 3.11.- Operaciones de muestreo con sonda CTD en la radial de Cabo de Palos.**

### 3.1.3.3. Resultados

En total se realizaron seis muestreos en la estación seleccionada, que abarcaron las distintas épocas del año, durante las campañas realizadas en los años 1998-2000. En la Tabla 3.1 se exponen algunos resultados obtenidos a distintas profundidades de la masa de agua. En general se observa (Fig.3.12) que existe una capa superficial, hasta los 50 m de profundidad más o menos, que comienza a diferenciarse en primavera (06-00) y se establece en verano (09-98; 09-99) que sería una capa de aguas cálidas y de menor salinidad (quizá por influencia de precipitaciones, o aportes de ríos) que queda aislada del resto de la masa de agua en las condiciones estables del estío (Termoclina). Bajo ésta, se observa un gradiente de T (que disminuye) y de S (que aumenta) con la profundidad. En la muestra obtenida en otoño se observa una gran homogeneidad de la capa de agua tanto en temperatura (Homotermia) como en salinidad, con un gradiente muy poco acusado.

Considerando la evolución de los parámetros seleccionados a distintas profundidades y a lo largo del año, para evidenciar la estacionalidad de las variaciones, vemos que (Figs. 3.13 y 3.14) la temperatura de la capa superficial (primeros 50 m) aumenta en primavera, alcanzando un máximo en verano y disminuyendo en otoño. Este calentamiento superficial se hace muy evidente hasta la formación de la termoclina (dentro de los 50 primeros metros de profundidad), aunque la influencia de la masa de agua de temperatura superior se hace patente hasta los 100 m de profundidad en verano; a partir de los 150 m de profundidad las variaciones de temperatura son mínimas, destacando la homogeneidad del invierno y del otoño.

La evolución de la salinidad muestra una capa superficial de salinidades inferiores a 37,5 ‰ que en verano alcanza los 50 m de profundidad y que es estable a lo largo del año desapareciendo en otoño. La potencia de las masas de agua de salinidades menores



de 38 ‰ se hace notar hasta los 50 m en invierno y primavera, alcanzando los 100 m de profundidad en verano.

Si consideramos los diagramas T-S (Fig.3.15) podemos observar la influencia de la MAW durante la primavera (06-00) y el verano (09-98; 09-99) con salinidades menores de 37,5 ‰ y temperaturas elevadas (>15,5°); tras esta masa se observa un gradiente de T-S hasta que se estabiliza en 13,2° y 38,5 ‰, más o menos a partir del 300 m, lo que caracteriza la LIW; el hecho de no sobrepasar los 500 m de profundidad impide reflejar en los diagramas T-S la típica “cola de escorpión” del LIW ya que no se alcanza la DW.

**Tabla 3.1.- Valores de temperatura (Tª) y de salinidad (S ‰) a distintas profundidades y estaciones durante el periodo de muestreo.**

<b>Temperatura</b>									
Año	Mes	Estación	Superficie	50 m	100 m	150 m	200 m	300 m	500 m
1998	Marzo	Invierno	15,35	14,16	13,53	13,54	13,49	13,29	13,23
1999	Marzo	Invierno	14,80	13,79	13,28	13,26	13,27	13,30	13,26
2000	Junio	Primavera	22,29	15,01	13,54	13,09	12,91	13,13	13,22
1998	Septiembre	Verano	23,79	16,13	14,59	13,48	13,29	13,27	13,17
1999	Septiembre	Verano	26,21	15,19	13,73	13,44	13,25	13,23	13,32
2000	Noviembre	Otoño	14,21	13,46	13,16	13,06	13,08	13,20	13,19

<b>Salinidad</b>									
Año	Mes	Estación	Superficie	50 m	100 m	150 m	200 m	300 m	500 m
1998	Marzo	Invierno	37,41	37,85	37,92	38,06	38,13	38,39	38,48
1999	Marzo	Invierno	37,25	37,98	38,29	38,32	38,38	38,44	38,47
2000	Junio	Primavera	36,99	37,59	38,17	38,24	38,26	38,39	38,49
1998	Septiembre	Verano	37,45	37,31	37,85	38,16	38,26	38,44	38,50
1999	Septiembre	Verano	36,81	37,36	37,93	38,13	38,24	38,38	38,47
2000	Noviembre	Otoño	37,86	38,16	38,22	38,28	38,36	38,46	38,49

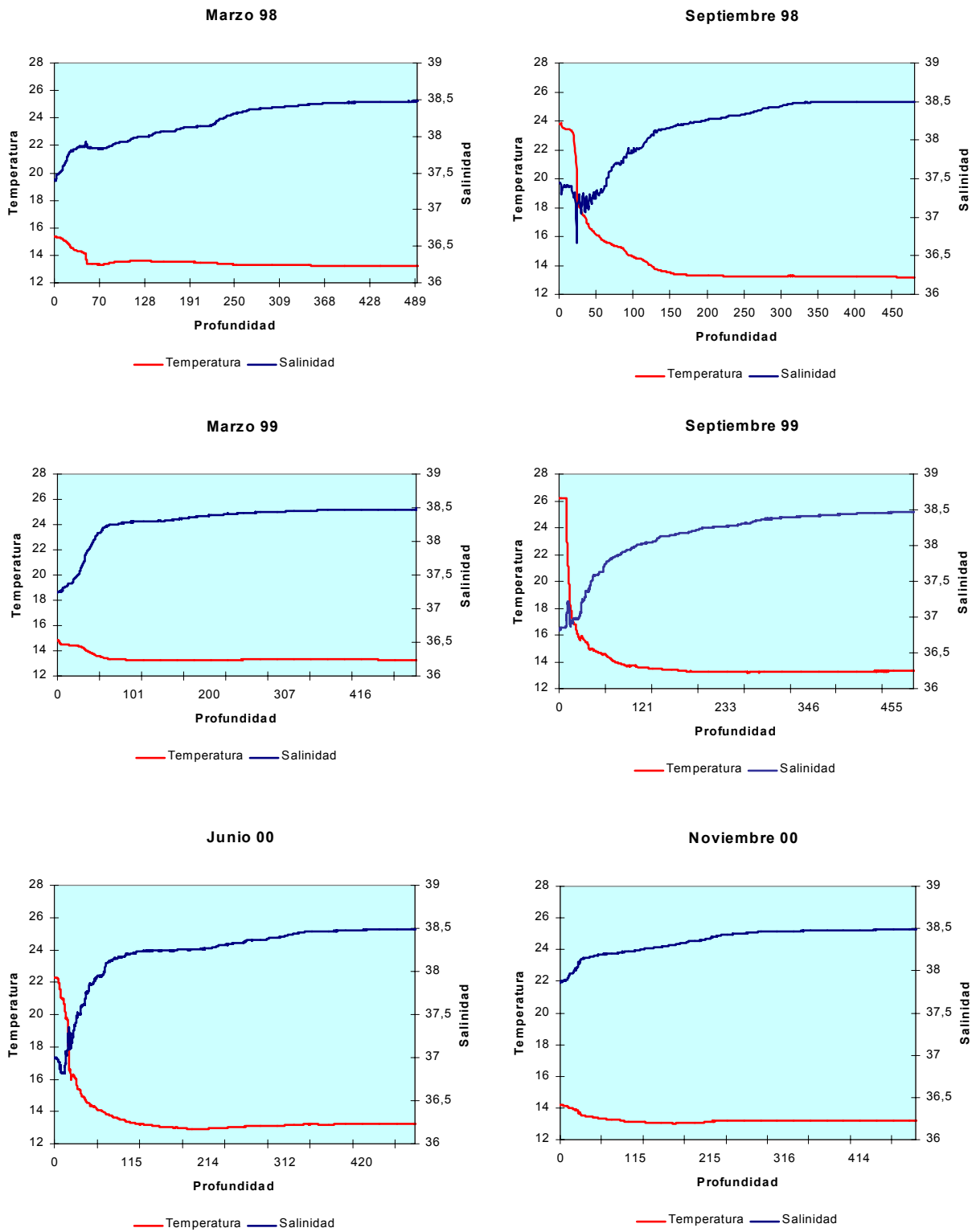


Figura 3.12.- Distribución en profundidad de la temperatura y la salinidad en la estación de muestreo, durante los distintos muestreos realizados.

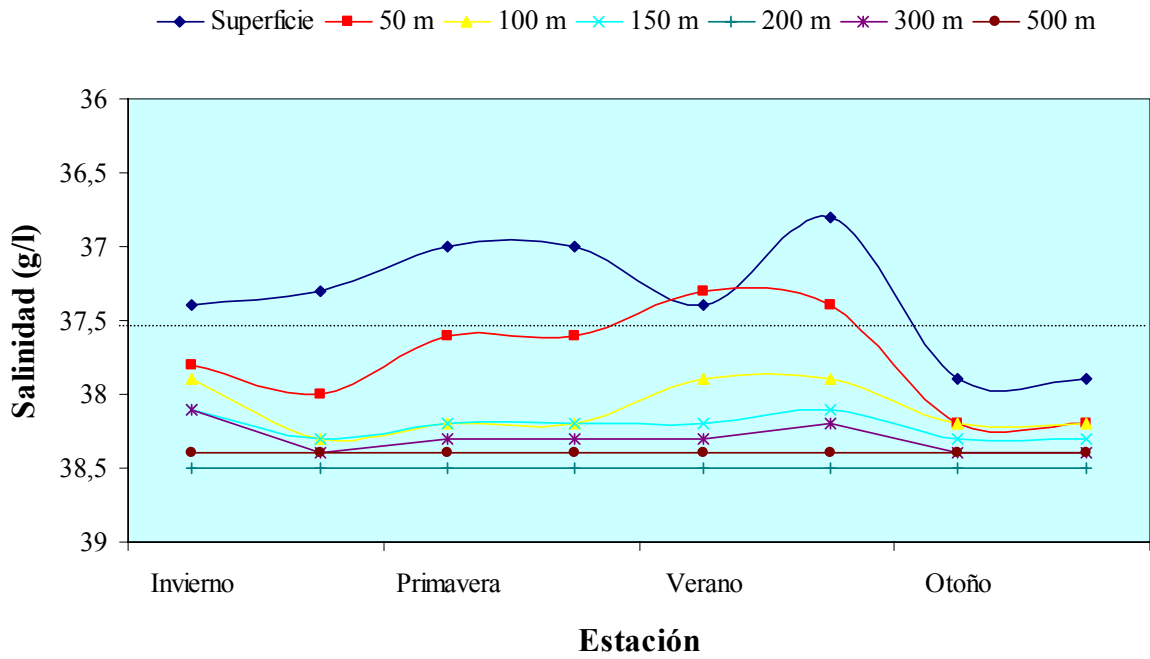
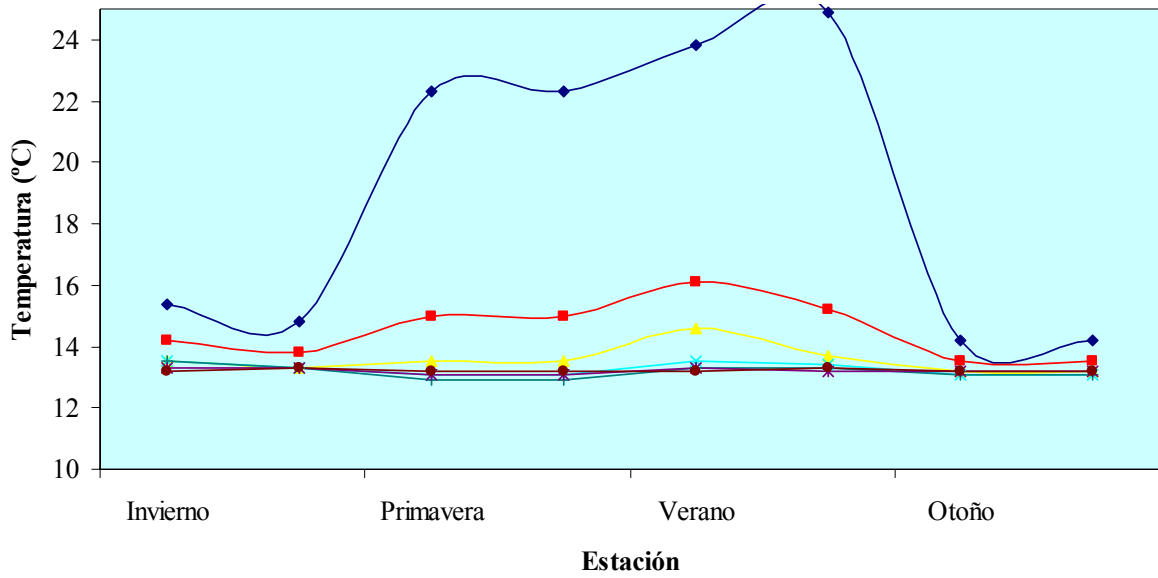


Figura 3.13.- Evolución de las temperaturas (arriba) y las salinidades (abajo) para cada profundidad en función de la época del año en la estación de muestreo, a lo largo del periodo considerado.

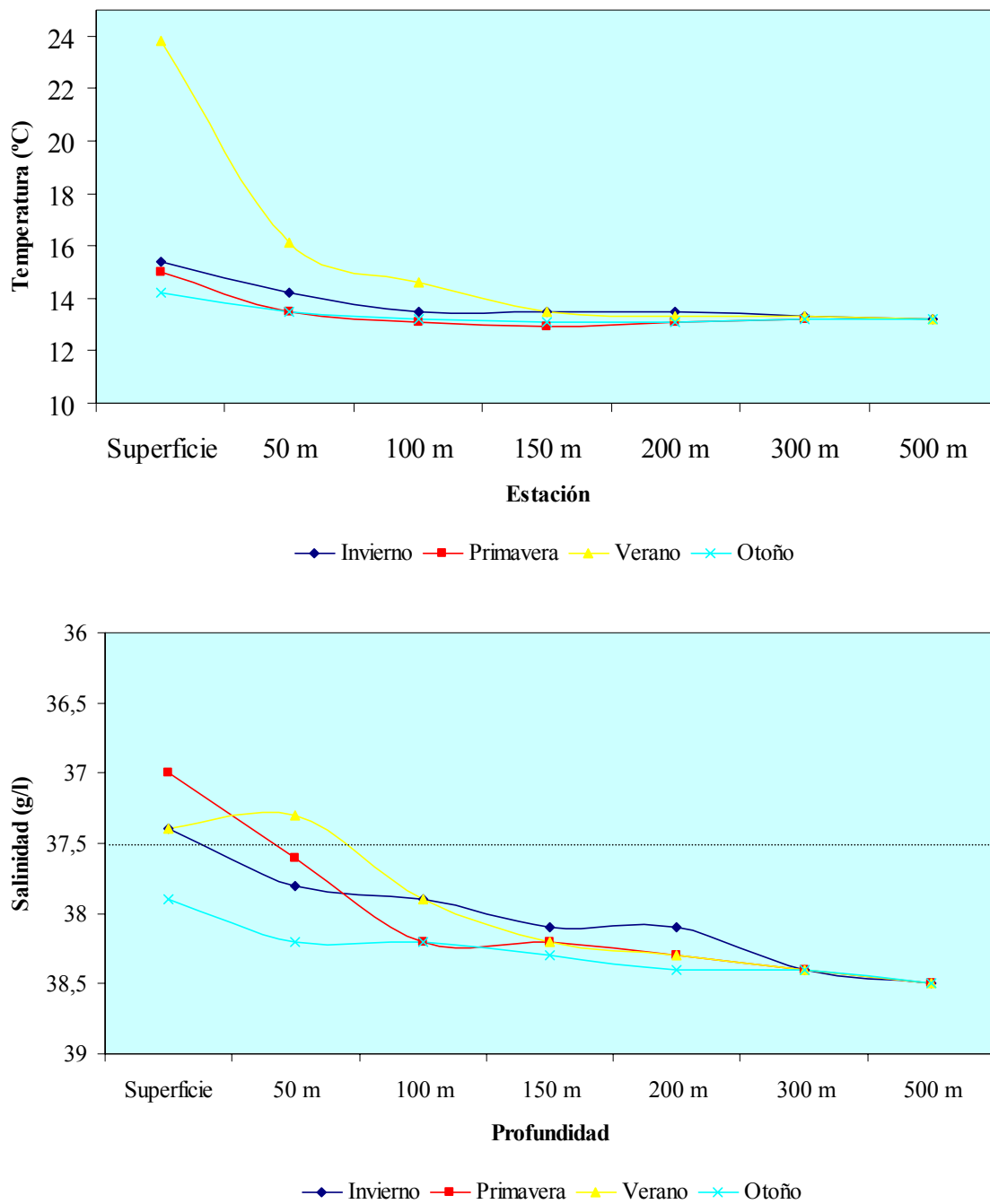
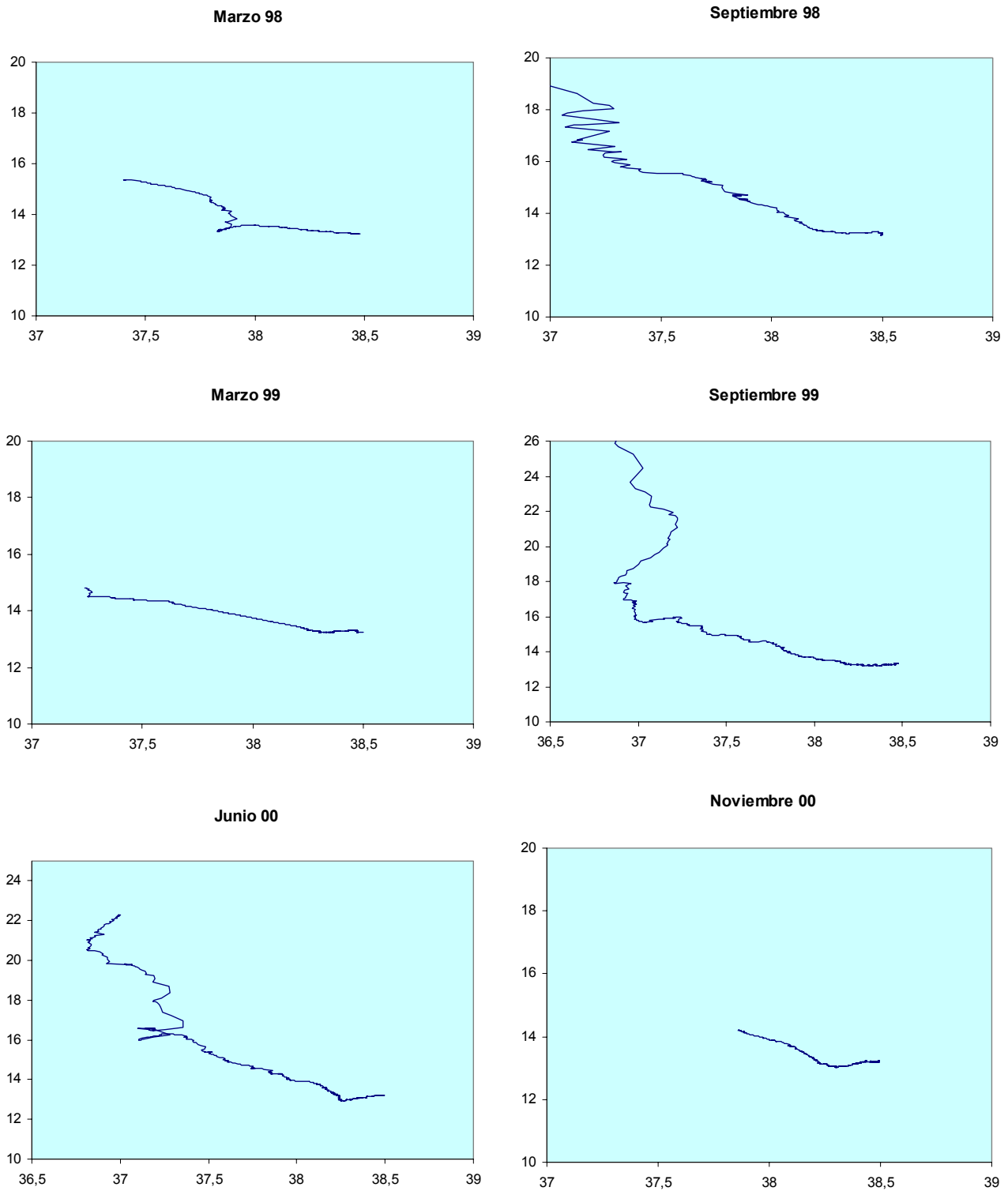


Figura 3.14.- Evolución temporal de la temperatura (arriba) y la salinidad (abajo) para cada profundidad en la estación de muestreo, a lo largo del periodo considerado.



**Figura 3.15.- Diagramas T-S y su evolución en la estación de muestreo a lo largo del periodo considerado.**

### **3.1.4. Discusión**

En el Mediterráneo español, la explotación de *A. antennatus* está ligada a la existencia de zonas aplaceradas en el talud continental, situadas en las proximidades de cañones submarinos. Los sedimentos superficiales de estas zonas pueden pertenecer a cualquiera de las tres clases granulométricas; fangosos, arenoso-fangosos y arenas medias, reflejando la variabilidad granulométrica de los sedimentos superficiales de los caladeros de la zona. Martínez-Baños (1997) destaca que, si bien no existe una homogeneidad en la composición textural de los sedimentos en los distintos caladeros estudiados, los rendimientos que observa son mayores en aquellos que presentan sustrato fangoso. La intensidad luminosa también tiene relación con las abundancias de la especie, existiendo un umbral óptimo de luminosidad, cuyo gradiente incide en la capturabilidad (Tobar y Sardá, 1992).

La zona elegida para los muestreos de hidrología, se considera como una zona de transición entre la zona del Golfo de Valencia – Golfo de Alicante y el Golfo de Vera. En ella podemos reconocer una masa de agua, de salinidad menor de 37,5 ‰ y temperatura variable que ocupa la capa superficial (0-50 m) y alcanzando los 100 m en verano que cabría clasificar como Agua Atlántica Modificada (MAW) y que, en base al modelo general de circulación, se dirigiría hacia el Norte. El resto de la masa de agua sería una capa continua a partir de los 300 m aproximadamente, con temperaturas y salinidades en suave gradiente, alcanzando una estabilidad entre 13,2 ° y 38,5 ‰ hacia los 450-500 m de profundidad, de manera similar a la LIW caracterizada por López-Jurado (1996) un poco mas al norte, en el Canal de Ibiza. Esta capa es muy estable estacionalmente y se dirigiría hacia el Sur; a la profundidad máxima de este trabajo no se ha caracterizado agua profunda (DW), cosa que Cañavate *et al* (1987) comienzan a

detectar, en una estación próxima, en los 700 m de profundidad ( $12,85 > T < 12,90$ ;  $S = 38,46$  ‰).

Por lo tanto podemos concluir que las profundidades donde se desarrollan los procesos biológicos y donde se realiza la explotación de *Aristeus antennatus*, en la zona de estudio, se caracterizan por ser zonas de influencia de Agua Levantina Intermedia (LIW) desde los 300 m hasta los 600 m y de Aguas Profundas (DW) por debajo de los 700 m, caracterizándose por la estabilidad de las condiciones hidrológicas, con temperaturas comprendidas entre  $12,75^\circ$  (DW) y  $13,40^\circ$  (LIW) y salinidades comprendidas entre 38,39 y 38,50 ‰, lo que supone unas variaciones de Temperatura de sólo  $0,65^\circ$  y de  $0,11$  ‰ de Salinidad, sugiriendo la estenotermia y estenohalinidad de la especie.

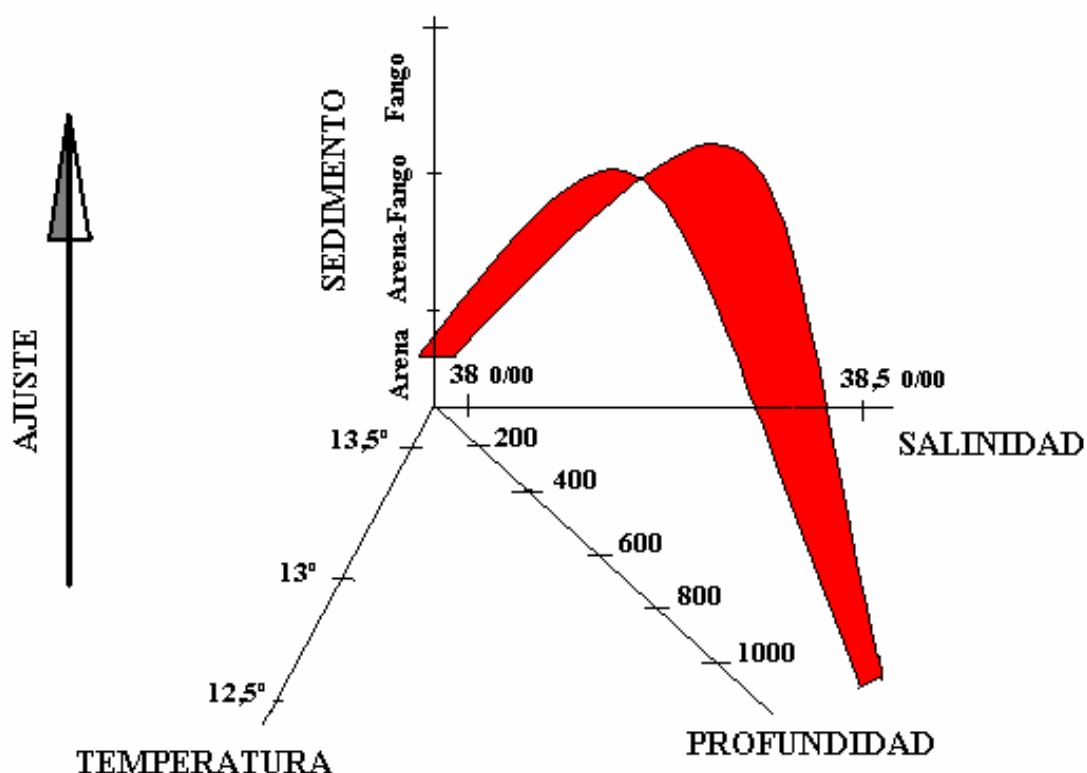


Figura 3.16.- Ajuste teórico de *A. antennatus* en función de distintos aspectos ambientales de su hábitat.

El ajuste teórico de la especie al medio, con los datos expuestos en este Capítulo, se representa en la Fig. 3.16. Estas características de la especie podrían explicar los movimientos estacionales que la caracterizan, llegando a desaparecer de amplias zonas durante ciertas épocas, debido, quizás, a intrusiones de masas de agua de distintas características a aquellas en las que normalmente desarrollan su actividad biológica, desplazándola temporalmente de su *nicho realizado*.

Una hipótesis similar fue formulada, entre otros, por Relini y Orsi-Relini (1987) para explicar la disminución de los stocks de *A. antennatus* en el Golfo de Génova; esta hipótesis hidrológica se basa en la interpretación dada por Ghidalia y Bourgois (1961) a la distribución de *A. antennatus* en el Golfo de Génova, ligándola a la distribución en la zona de la masa de Aguas Profundas (DW) ( $T=12,8^{\circ}$ ;  $S=38,4$  ‰). Los autores citados primeramente apuntan la posibilidad de que las aguas en las que *A. antennatus* se ha retirado, representan un ambiente inestable sometido a cambios a larga escala. Más recientemente, Martínez-Baños (1997) apunta la posibilidad de la influencia de la circulación del Agua Profunda del Mediterráneo Occidental en las diferencias que observa entre el inicio y fin de la época de puesta de *A. antennatus* entre distintas zonas del Mediterráneo; por otra parte los desplazamientos estacionales que muestra esta especie también estarían relacionados con las fluctuaciones de ésta masa de agua, según Demestre y Martín (1993). Con los datos observados en esta Memoria, la hipótesis hidrológica parece confirmarse aunque, en la zona estudiada, las masas de Agua Levantina Intermedia (LIW) tendrían una mayor importancia, cuanto menos, con respecto a las fluctuaciones de la especie en las zonas de explotación. En zonas de surgencia de aguas profundas, la profundidad mínima que pudiera alcanzar la especie, vendría condicionada, fundamentalmente, por el umbral óptimo de intensidad luminosa (Tobar y Sardá, 1992).



## **3.2. El Medio Pesquero**

### ***3.2.1. Introducción***

La especie objeto de esta Memoria (*A. antennatus*) está sometida a explotación pesquera, desde hace años, en diversas zonas del litoral Mediterráneo español; como primer paso resulta, pues, conveniente realizar una rigurosa descripción de las características del marco pesquero en que se realiza dicha explotación, describiendo la actividad en los principales puertos en que se desembarcan las capturas, describiendo las flotas que intervienen en esa captura, localizando y caracterizando los caladeros o áreas de explotación del recurso, describiendo la composición específica de las capturas, así como obtener una primera aproximación de los rendimientos obtenidos.

En nuestro país, las primeras descripciones de esta pesquería fueron llevadas a cabo por Arté (1952) y Bas (1965) en Cataluña, por Oliver (1959, 1961) y Massuti y Daroca (1978) en Baleares y por Massuti *et al* (1978) en el Golfo de Vera norte; actualmente el conocimiento de los sistemas de explotación en distintas zonas del Mediterráneo español ha alcanzado un buen nivel, aunque en las zonas propuestas para su estudio en esta Memoria, las descripciones del sistema de explotación sean escasas, a excepción de la realizada por Martínez-Baños (1997) que incide especialmente en la región de Murcia (Golfo de Vera norte).

Es pues el objetivo de este capítulo, el de realizar una descripción general de la actividad pesquera en los principales puertos de las zonas seleccionadas para su estudio (Golfo de Alicante, Canal de Ibiza y Golfo de Vera), describiendo las flotas que tienen su base en ellos, su actividad, localizando los caladeros que frecuentan, describiendo las especies que en ellos se encuentran y dando una aproximación de los rendimientos que en ellos se obtienen. Asimismo se ha considerado conveniente incidir en una caracterización de la pesquería tomando como base la actividad de la flota en un puerto

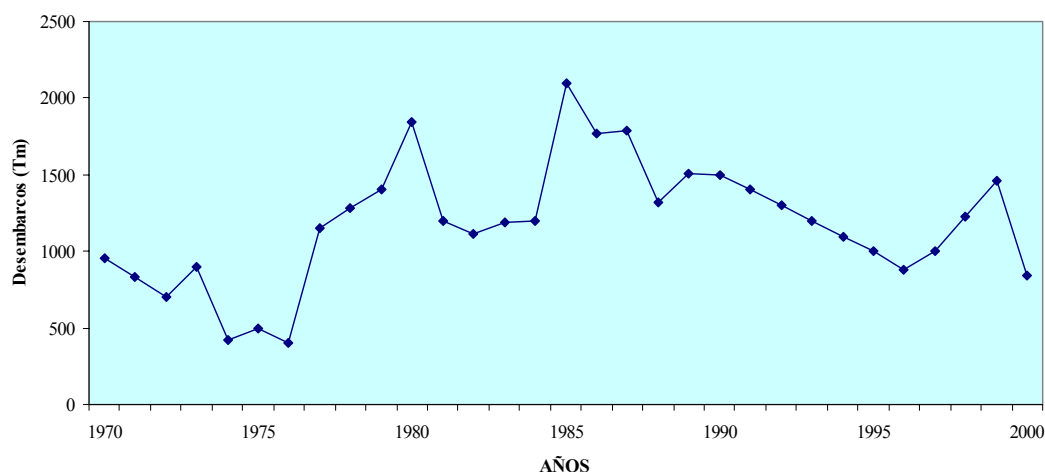
concreto (Santa Pola) realizada en una zona determinada, Golfo de Alicante, analizando las capturas mensuales de cada embarcación que tuvo actividad en la zona, a lo largo de un periodo de tiempo suficientemente amplio (1992-1999); los datos recopilados, convenientemente depurados, han servido, también, para la obtención de Índices de Abundancia del recurso (Cap. 5), basados en el seguimiento de las Capturas por Unidad de Esfuerzo (CPUE) estandarizados tras la aplicación de un Modelo General Linearizado (GLM) a la serie de datos.

### ***3.2.2 Actividad pesquera***

#### **3.2.2.1. Introducción**

Como hemos visto en el Capítulo anterior, en el Mediterráneo peninsular se pueden distinguir dos grandes zonas; Mar de Alborán y Levante-Cataluña, o Mar Catalán o Mar Balear según denominaciones. La primera de ellas presenta unas características en las que la influencia Atlántica se detecta a todos los niveles (hidrográfico, planctónico y faunístico), mientras que en la zona de Levante-Cataluña se detecta una zona de mezcla, marcándose el carácter Mediterráneo con un gradiente de intensidad Norte-Sur. La zona final del Mar de Alborán constituye el Golfo de Vera, pudiendo localizar la solución de continuidad del carácter Atlántico en el Cabo de Palos, con lo que las zonas de estudio se localizan, una en una zona de influencia Atlántica (Golfo de Vera) y las otras dos en zona de influencia Mediterránea.

Como se ha comentado en el Capítulo de Introducción, la explotación de los recursos de gamba roja comenzó, en nuestro país, en la década de los años cuarenta, localizándose fundamentalmente en las zonas de Cataluña, Baleares (Mallorca-Menorca), Murcia (zona norte del Golfo de Vera), Golfo de Alicante, Canal de Ibiza, Golfo de Vera (sur), Almería y Alborán, centrándose esta Memoria en tres de las zonas poco o nada estudiadas como son Golfo de Alicante, Canal de Ibiza y Golfo de Vera (sur).



**Figura 3.1.- Evolución histórica de los desembarcos habidos en el Mediterráneo español, según datos FAO.**

Actualmente el volumen total de capturas de gamba roja desembarcadas en los puertos españoles fluctúa alrededor de las 1 500 tm anuales (Fig.3.1), de las cuales aproximadamente un 27% corresponderían a Cataluña, un 22 % al Golfo de Vera (zona norte 10%; zona sur 12%), un 16% a Baleares (Mallorca-Menorca), con un 13 % contribuirían tanto el Golfo de Alicante como Almería, mientras que las capturas obtenidas en el Canal de Ibiza representan un 9% del volumen total de capturas (Carbonell, 1994; Demestre, 1994; García-Rodríguez y Esteban, 1999; Martínez-Baños, 1997; Sardá *et al*, 2000).

Como vemos las tres zonas elegidas en este trabajo (Golfo de Alicante, Canal de Ibiza y Golfo de Vera sur) (Fig. 3.18) representarían en conjunto un 35 % aproximado del volumen total de desembarcos producidos en el Mediterráneo español. En los casos del Golfo de Alicante y Canal de Ibiza, zonas que se encuadran en la influencia Mediterránea, los desembarcos se realizan fundamentalmente en tres puertos: Alicante, Santa Pola y Villajoyosa.

La Flota del puerto Alicante tiene escaso peso en el conjunto provincial, aunque su lonja sea un buen mercado para la numerosa flota de paso. El volumen total anual de desembarcos se sitúa en las 5 000 tm, de las cuales unas 400 tm corresponden a la pesca de arrastre. La mayor parte de estos desembarcos, corresponden a especies pelágicas costeras capturadas con cerco y que pueden representar el 90 % de los desembarcos anuales en peso, repartiéndose el resto entre túnidos y afines (pez espada unas 25 tm) capturados por la flota palangrera y las especies capturadas al arrastre (como la gamba roja, la merluza, la brótola, el pulpo y el salmonete). Hay una importante afluencia de embarcaciones de cerco y, aunque la flota de la base está compuesta sólo por cinco embarcaciones, se llegan a registrar desembarcos de hasta setenta embarcaciones de otras bases a lo largo del año. La flota de arrastre con base en el puerto está compuesta por seis embarcaciones, aunque al cabo del mes pueden vender en lonja hasta veinticinco embarcaciones, siendo la mayor parte de otros puertos de la provincia y en menor medida la flota que frecuenta los caladeros de Ibiza. Otra fuente importante de desembarcos procede de los palangreros alicantinos, murcianos y andaluces que capturan fundamentalmente emperador, atún rojo y escualos diversos. En cuanto a embarcaciones de artes menores se reciben visitas procedentes de Tabarca, Santa Pola, El Campello, etc. En los últimos años la importancia del puerto, fundamentalmente en lo referente a embarcaciones de arrastre, ha disminuido, trasladándose estas descargas a otros puertos, principalmente el de Santa Pola.

El puerto de Santa Pola es uno de los más importantes del Levante Español por volumen de ventas, fundamentalmente de especies de fondo, recibiendo gran cantidad de barcos de puertos vecinos, como Guardamar, Tabarca, San Pedro del Pinatar, palangreros de Carboneras y Garrucha, etc... El puerto de Santa Pola reúne una flota muy amplia, con unos 150 barcos censados, y potente (unos 5 500 TRB totales), dedicándose mayoritariamente al arrastre y al trasmallo (50 embarcaciones), existiendo algunas

embarcaciones (28 aprox.) dedicadas a la nasa y al palangre. La flota de arrastre del puerto es muy numerosa, estando censadas ochenta y dos embarcaciones y vendiendo mensualmente un promedio de sesenta y cinco embarcaciones, que desembarcan unas 4 000 tm anuales en promedio. Las principales especies capturadas son bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), merluza (*Merluccius merluccius*), pulpo (*Octopus-Eledone*), gamba roja (*Aristeus antenatus*), salmonete (*Mullus sp*) y varios. Casi la totalidad de la actividad pesquera se desarrolla en los caladeros del Golfo de Alicante, alternando con los caladeros de Ibiza para la gamba roja.

El de Villajoyosa es un puerto de gran tradición pesquera; su flota de arrastre consta de unas 50 embarcaciones, de las que más de la mitad realizan las descargas en otros puertos, como Santa Pola, Alicante, Jávea, Denia y puertos de Andalucía. De las 20 embarcaciones con base que venden habitualmente en Villajoyosa, casi la mitad de ellas realizan su actividad en los caladeros del Canal de Ibiza.

En el caso del Golfo de Vera, zona de influencia Atlántica, la explotación se realiza exclusivamente por las flotas de los puertos de Garrucha (Almería) en la zona sur, y de Águilas, Mazarrón y Cartagena (Murcia) en la norte, pudiendo superar, en conjunto, las 300 tm de capturas anuales de gamba roja. La zona norte del Golfo de Vera es explotada por flotas de puertos murcianos, compuestas por unas 19 embarcaciones en total; la flota de Cartagena lo hace en los caladeros de Cabo de Palos y Cabo Tiñoso; la flota de Mazarrón faena en una serie de caladeros localizados entre Cabo Tiñoso y Cabo Cope, mientras que la de Aguilas lo hace en los caladeros situados frente a Aguilas, habiendo sido realizado recientemente un análisis del estado de explotación de la gamba roja en esta zona norte del Golfo de Vera (Martínez Baños, 1977).

En el puerto de Garrucha los caladeros de gamba se encuentran situados en las proximidades, por lo que la pesca es al día, cubriendo un espectro de profundidades que

van desde los 400 m hasta los 800 m por lo general, siendo explotados exclusivamente por la flota local. La flota con base en éste puerto está constituida por 22 embarcaciones, con un TRB total de 1 239 y una potencia de 7 256 CV. De éstas embarcaciones, 20 son de arrastre y dos son cerqueros, registrándose ventas de unos 24 barcos de arrastre cada día a lo largo del mes, estando dedicados casi exclusivamente a la pesca de la gamba roja unas 16 embarcaciones. Las características de la embarcación tipo que se dedica a esta modalidad dan una embarcación de 52 tm de arqueado, con una eslora de unos 17 m y una potencia de unos 300 CV. Los desembarcos totales que se producen en el puerto anualmente rondan las 1 400 tm, con un valor económico en primera venta de unos 650 MM de pesetas; los desembarcos de gamba roja representan en peso un 13 % del total de capturas, unas 180 tm/año, mientras que su valor económico representa un 50 % del total de las ventas de la lonja. Las principales especies, en cuanto al volumen de desembarcos en lonja, son los pelágicos como la caballa (9%), jurel (7%), sardina y boga (4%), seguidas de otras especies como la bacaladilla, brótola, etc., con menor porcentaje de contribución.

#### 3.2.2.2. Material y Métodos

Al objeto de ofrecer una imagen de la evolución de las capturas desembarcadas en el puerto en los últimos decenios, se ha procedido a la recopilación de los desembarcos anuales de gamba roja habidos en los distintos puertos controlados para cada zona; así para el Golfo de Alicante, el puerto seleccionado fue el de Santa Pola, donde se localizan la mayor parte de los desembarcos de la zona, realizándose en el de Villajoyosa el desembarco del resto de las capturas obtenidas en la zona; para las capturas procedentes del Canal de Ibiza se controlaron los puertos de Alicante, Santa Pola y Villajoyosa, ya que en los tres se producen desembarcos procedentes de esa zona, aunque la importancia del de Villajoyosa ha ido en aumento en los últimos años de modo que focaliza el 99 % de la

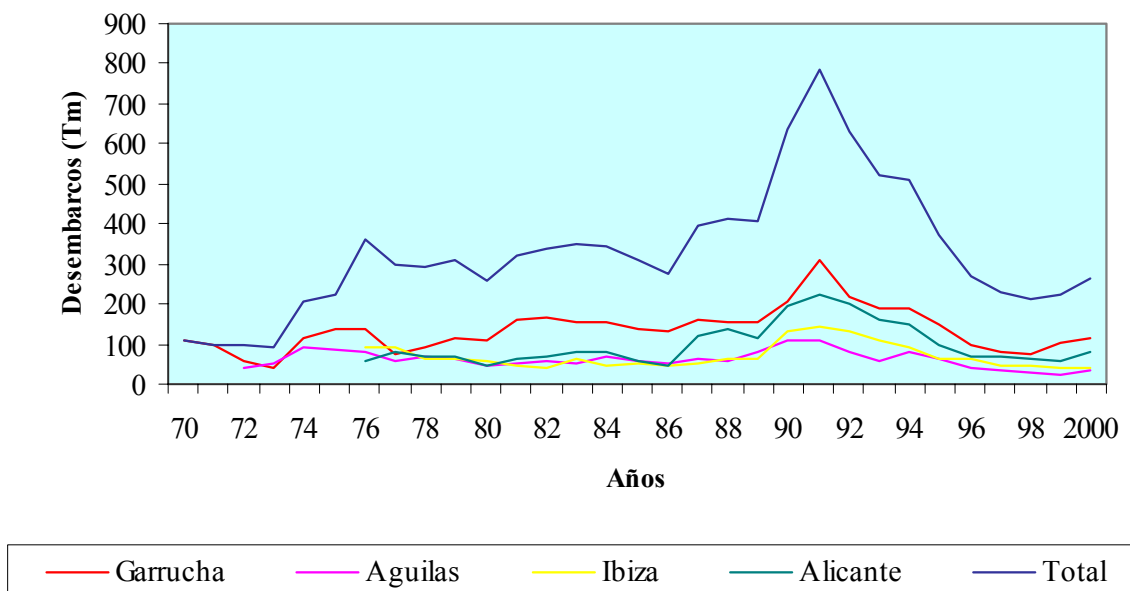
actividad de esa zona; para la zona del Golfo de Vera se han seleccionado los puertos de Garrucha, que concentra las descargas de las capturas obtenidas en la zona sur, y el de Aguilas que hace lo propio con la zona norte del Golfo de Vera. Para cada uno de estos puertos se ha confeccionando un registro histórico de las capturas de gamba, que abarca desde el año 1970 hasta 1999; los datos de este apartado proceden de los resúmenes anuales de la Cofradía de Pescadores.

Otro de los objetivos ha sido determinar la variación de los desembarcos de gamba a lo largo del año, al objeto de detectar la existencia de un patrón de estacionalidad en las capturas; para ello se han recopilado los datos de desembarcos mensuales de gamba en estos puertos durante los años 1992, 93 y 94 (Ibiza y Garrucha) y de manera más exhaustiva (1992-2000) para Santa Pola en las capturas de origen en el Golfo de Alicante. Los datos empleados en este apartado proceden de la Red de Información y Muestreo (RIM) del Instituto Español de Oceanografía.

### 3.2.2.3. Resultados

El total de capturas desembarcadas en los puertos considerados varió entre un mínimo de 93,3 tm en 1973, a un máximo de 785,7 tm en 1991, con un valor medio para todo el periodo de 324,8 tm (Fig. 3.2). Por Zonas vemos que el puerto de Santa Pola, correspondiente a la zona del Golfo de Alicante, los desembarcos oscilaron entre un máximo de 224,9 tm en 1991 y un mínimo de 46,5 tm en 1980, con un valor medio para todo el periodo de 97,9 tm de captura; en los puertos de Villajoyosa, Santa Pola y Alicante, tomados en conjunto las capturas correspondientes a la zona del Canal de Ibiza, los desembarcos fluctúan entre un valor máximo de 145,5 tm en 1991 y un mínimo de 16,8 tm en 1997; en el caso de los puertos de Garrucha y Aguilas, correspondientes a las zonas sur y norte respectivamente del Golfo de Vera, se observa que, en el caso de Garrucha, el valor máximo de desembarcos se sitúa en 308,3 tm en 1991 y un mínimo de 42,8 tm en 1973,

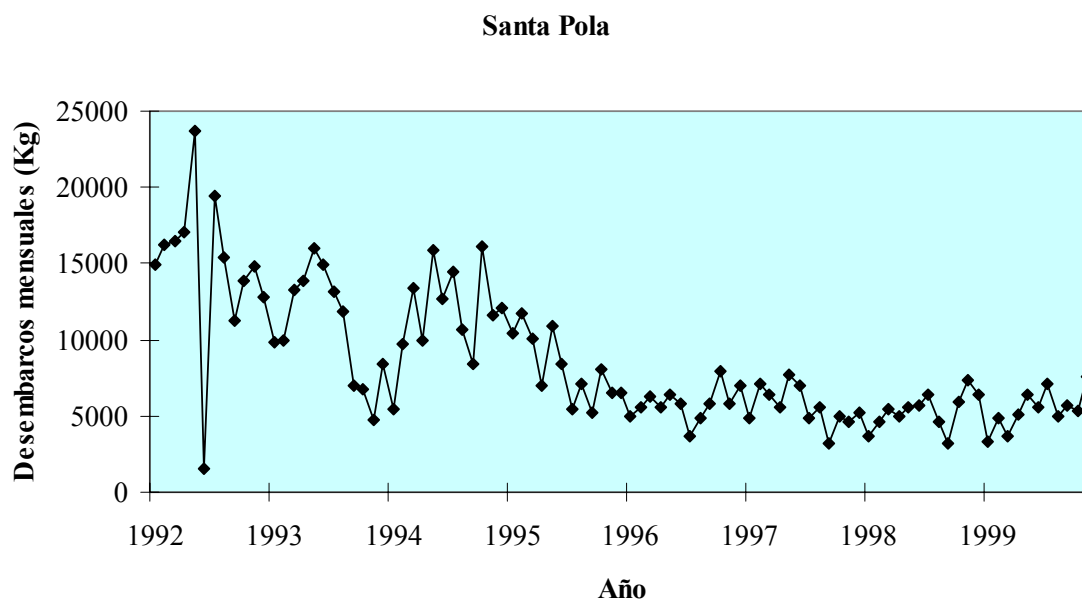
con un valor medio de 135,1 tm de desembarco anual; en el puerto de Aguilas los desembarcos oscilan entre un máximo de 107,1 tm en 1991 y un mínimo de 20,5 tm en 1999, con una media de 61,4 tm para todo el periodo.



**Figura 3.2.- Evolución histórica de los desembarcos habidos en los puertos controlados para cada zona, así como el total de las tres zonas.**

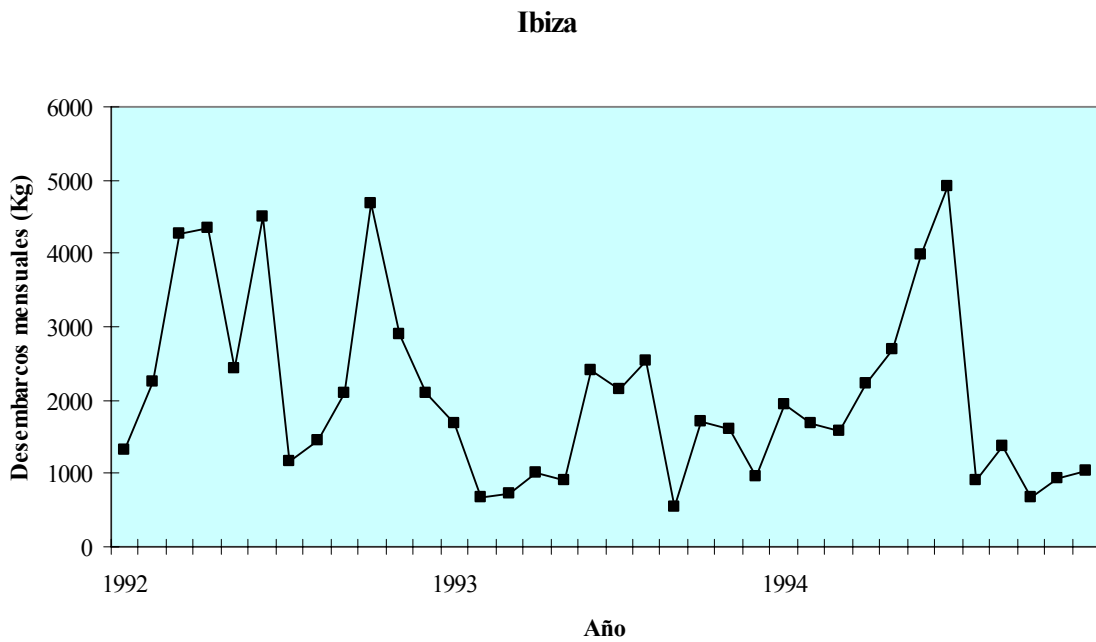
La evolución de los valores mensuales de desembarcos habidos en el Puerto de Santa Pola a partir de capturas de gamba roja realizadas en la zona del Golfo de Alicante para el periodo estudiado, muestra (Fig. 3.3) grandes oscilaciones en los valores mensuales, aunque no se observa estacionalidad en los mismos, con una tendencia constante a lo largo del periodo de disminución de las capturas desembarcadas. La captura media mensual fue de 7.01 tm, según los datos recopilados para el periodo considerado.





**Figura 3.3 .-** Evolución de los desembarcos mensuales habidos en el puerto de Santa Pola durante el periodo considerado (1992-1999), de *A. antennatus*, procedentes del Golfo de Alicante.

En el caso del Canal de Ibiza, y para el puerto de Santa Pola, los valores mensuales de los desembarcos de gamba roja muestran grandes variaciones (Fig. 3.4), aunque tampoco señalan una clara estacionalidad de las capturas. La captura media mensual fue de 2.06 tm según los datos recopilados en el periodo considerado (1992-1994). Durante el año de 1993 se contabilizaron un total de 50 embarcaciones que desarrollaron actividades de pesca de gamba roja en la zona del Canal de Ibiza; casi la totalidad de estas embarcaciones desembarcaron sus capturas en los puertos de Alicante, Villajoyosa y Santa Pola, a pesar de que tuvieran sus puertos base en otros lugares de la zona (Altea, Jávea, Calpe, Denia...).



**Figura 3.4.- Evolución de los desembarcos mensuales habidos en el puerto de Santa Pola durante el periodo considerado (1992-1994), procedentes de capturas en la zona del Canal de Ibiza.**

Para la zona sur del Golfo de Vera, siendo Garrucha el puerto seleccionado, se han obtenido los valores mensuales de desembarcos de gamba roja con los datos recopilados para el período 1992-1994, presentándose en la Figura 3.5 la evolución mensual de los desembarcos de gamba por la flota de arrastre. Se observa una disminución paulatina, no evidenciándose una estacionalidad en los desembarcos; la captura media mensual de gamba se situó en las 16.6 tm.

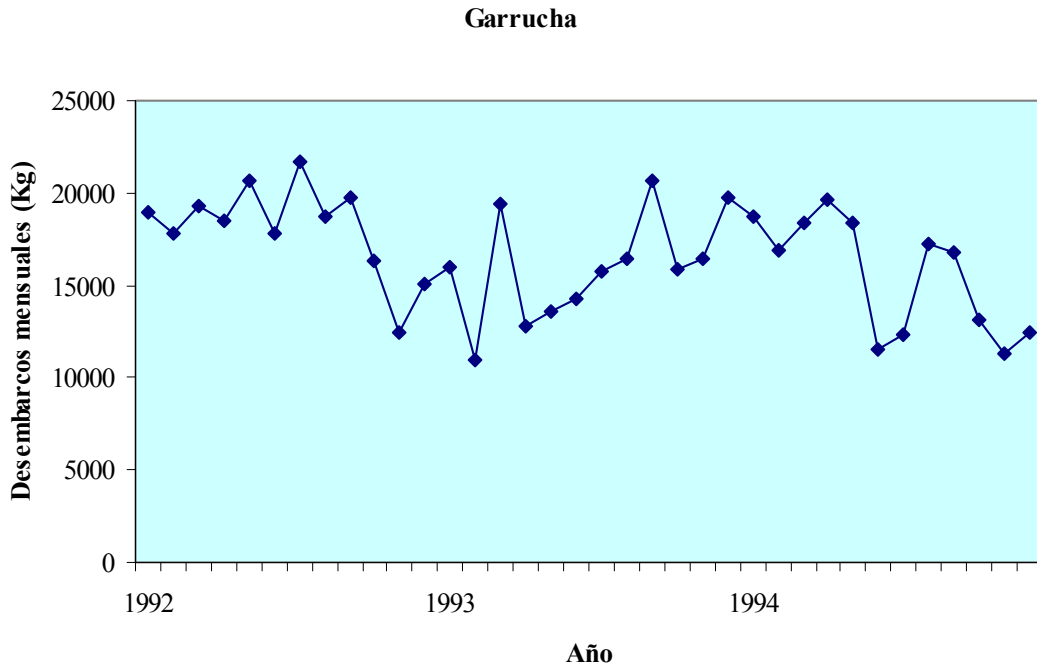


Figura 3.5.- Evolución de los desembarcos mensuales procedentes del Golfo de Vera registrados en el puerto de Garrucha durante el periodo considerado (1992-1994).

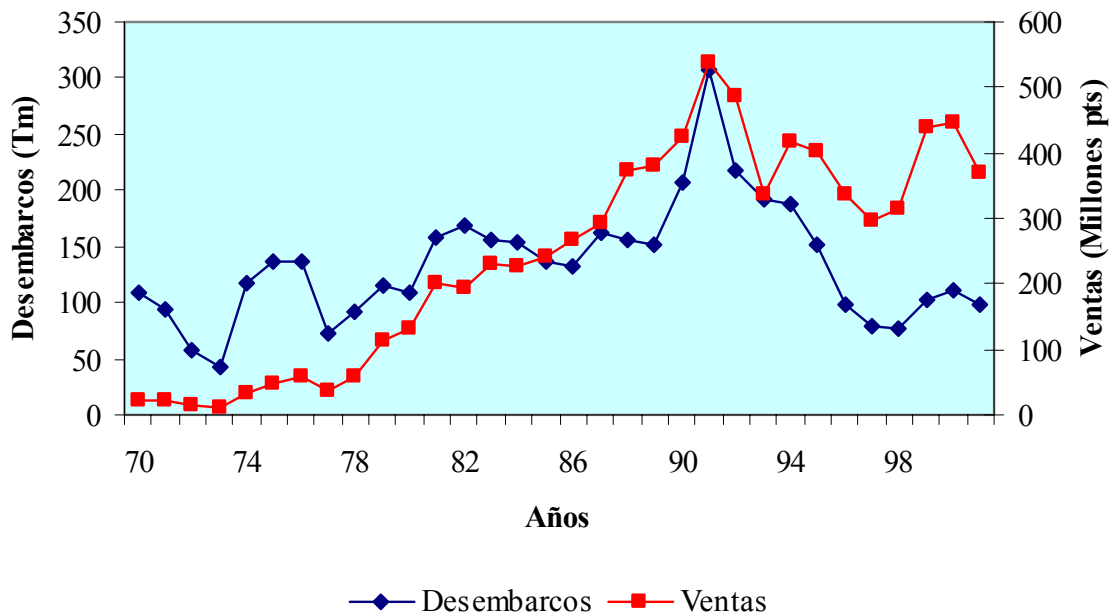


Figura 3.6.- Evolución histórica de los desembarcos anuales e ingresos de primera venta de *A. antennatus* producidos en el puerto de Garrucha, de las capturas procedentes del Golfo de Vera.

Como exponente de la importancia económica del recurso, en la Figura 3.6 se presenta la evolución histórica de los desembarcos anuales de *A. antennatus*, en tm, realizados en el puerto de Garrucha, así como el valor económico, en millones de pts, obtenidos por la primera venta en lonja. Se observa una ligera tendencia al incremento de los desembarcos, presentando una inflexión en la tendencia a partir de 1992, en que comienzan a disminuir; por el contrario la tendencia del volumen económico obtenido en primera venta es de incremento constante, aunque mostrando una relación, como es lógico, con el volumen de descargas en puerto.

### ***3.2.3. Identificación y caracterización de los caladeros***

#### **3.2.3.1. Introducción**

Como se ha expuesto en el apartado anterior, en las zonas seleccionadas existe una importante actividad pesquera que tiene como especie objetivo la gamba roja; resulta pues necesario establecer un conocimiento mínimo de la distribución, abundancia, rangos batimétricos, estructura de tallas de la población, especies acompañantes, etc., que nos ayudarán a comprender mejor el medio y las características más destacables de la especie. Un primer paso consistiría en la definición geográfica del recurso, esto es su área de explotación en las zonas elegidas. Esta definición se puede alcanzar tanto por información indirecta (entrevistas a los patrones de pesca que señalan en una carta las zonas de pesca donde trabajan) sea directamente, embarcando en buques de pesca que dirigen su actividad a la gamba roja, determinando así con mayor precisión los puntos de aparición de la especie y consiguiendo información adicional sobre rangos batimétricos, y fauna acompañante, consiguiendo además información directa sobre el modo de explotación de la especie, sus capturas y rendimientos en distintas zonas del litoral Mediterráneo español, pudiendo realizar comparaciones entre las distintas zonas.

Por lo tanto los objetivos del presente apartado son conocer los sistemas de explotación del recurso, sus áreas de explotación y sus rangos batimétricos, así como datos preliminares sobre la estructura de tallas de la población, las especies que acompañan su explotación, junto a datos parciales de sus proporciones sexuales así como otros datos de interés que ayuden a comprender la biología, distribución y explotación de *Aristeus antennatus* en las zonas de estudio.



**Figura 3.7.- Faenando al arrastre en un caladero de gamba roja del Golfo de Alicante**

### 3.2.3.2. Material y Métodos

Para la consecución de los objetivos propuestos se han realizado un total de 125 embarques a bordo de buques pesqueros dedicados a esta actividad (Fig. 3.7). Las embarcaciones en las que se realizaron embarques y que se relacionan a continuación (Tabla 3.2) desarrollan sus actividades en las tres zonas de estudio: el “Manuel y Teresa”, el “Quico Pano” y el “Pastor García” lo hacen en el Golfo de Alicante; el

“Almuixó” y el “Jopavián” en el Canal de Ibiza, mientras que “Los Matías” y “La Marcela Primero” lo hacen en la zona sur del Golfo de Vera:

**Tabla 3.2.- Características de las embarcaciones en que realizaron embarques durante la época de muestreo.**

<b>Zona</b>	<b>Puerto base</b>	<b>Nombre</b>	<b>Matrícula</b>	<b>Folio</b>	<b>T.R.B.</b>	<b>Eslora</b>	<b>H.P.</b>	<b>Año</b>
Golfo de Alicante	Santa Pola	MANUEL Y TERESA	AT-2	7-97	63,63	17,65	357	1997
Golfo de Alicante	Santa Pola	QUICO PANO	AT-3	1802	124,70	20,95	460	1967
Golfo de Alicante	Santa Pola	PASTOR GARCÍA	AT-2	707	72,51	17,29	400	1973
Canal de Ibiza	Villajoyosa	ALMUIXO	AT-5	815	59,87	17,70	430	1976
Canal de Ibiza	Villajoyosa	JOPAVIAN	AT-4	1505	82,13	19,76	365	1984
Golfo de Vera	Garrucha	LOS MATÍAS	CT-1	1100	42,21	16,00	285	1985
Golfo de Vera	Garrucha	MARCELA PRIMERO	BA-5	1349	68,72	19,05	180	1967

En cada una de las salidas el barco dirigió su actividad a zonas conocidas y en ocasiones a zonas sin prospectar pero que la experiencia de los patrones, la morfología submarina de la zona o sus características hacían suponer la existencia del recurso. En cada una de estas zonas se procedió a realizar una serie de arrastres de profundidad, como mínimo de una hora desde hacer firmes hasta la virada. Normalmente se realizó un arrastre por día, aunque en alguna ocasión se realizó alguno más, al objeto de obtener un número suficiente de muestreos.

En cada salida y para conseguir los objetivos propuestos, se realizó descripción del arte empleado y la malla que lo compone, anotando la situación, profundidad y rumbo de largada y de virada del arte; una vez la captura a bordo se confeccionó un listado faunístico de las especies presentes en la captura, anotando el número y peso de los individuos de cada especie encontrada, obteniendo la distribución de tallas por sexo de la especie objetivo, anotando cualquier otra característica de interés en el arrastre. Los

datos obtenidos se consignaron en un estadillo preparado al efecto, elaborándose posteriormente una base de datos en soporte informático;

### 3.2.3.3. Resultados

Los embarques se realizaron en el periodo comprendido entre los meses de Noviembre de 1998 y Septiembre de 1999. La duración de la marea de pesca osciló entre un día, si el caladero estaba próximo al puerto base, o de varios días si la distancia al caladero era tal que no permitió a la embarcación regresar a puerto en el día, como en el caso del Canal de Ibiza. En total se han contabilizado 125 días de embarque, correspondiendo 100 días a la zona del Golfo de Vera, 15 al Canal de Ibiza y 10 al Golfo de Alicante. En estos embarques se han efectuado 170 lances válidos; en 75 de ellos se realizó muestreo de tallas de la especie objetivo, sobre un total de 10 255 ejemplares (Tabla 3.3).

**Tabla 3.3.- Resumen de las características de los muestreos realizados en cada zona.**

<b>Periodo</b>	<b>Zona</b>	<b>Caladero</b>	<b>Lances</b>	<b>Individuos</b>
Nov 98-Sep99	Golfo Alicante	Caolla	14	
		Corea	2	
		El Congo	3	
		Embarres	9	
		Levant	12	
	<b>Golfo Alicante</b>		<b>40</b>	<b>1 834</b>
Nov 98-Sep99	Canal de Ibiza	El Clock	5	
		El Loco	3	
		Los Hoyos	4	
		Murals	1	
		Tagomago	10	
	<b>Canal de Ibiza</b>		<b>23</b>	<b>3 501</b>
Jul-Sep-99	Golfo de Vera	Canto de Garrucha	8	
		Canto Nuevo	29	
		El Verín	59	
		Seco de Fuera	11	
	<b>Golfo de Vera</b>		<b>107</b>	<b>4 920</b>
<b>Total</b>			<b>170</b>	<b>10 255</b>

**3.2.3.3.1. Arte y maniobra**

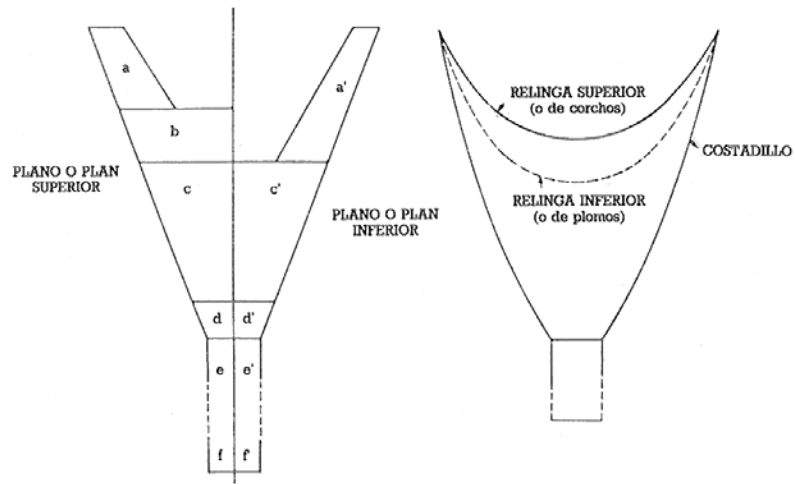
El arte empleado ha sido, en todos los casos, un arte tipo baka de arrastre de fondo con puertas (Figs. 3.8 y 3.9), tipo huelvano de una longitud de unos 75-90 m, de 15 a 20 m de abertura horizontal, dependiendo de la potencia del motor de la embarcación, de 0,75 a 1,9 m de abertura vertical y con una luz de malla de red de 40 mm. La maniobra se realizaba por popa, largando el arte, la malleta, las puertas y la cantidad de cable requerido por la profundidad de trabajo (Fig. 3.10); la duración de los arrastres ha sido variable, entre tres y ocho horas aproximadamente, a una velocidad de 2 a 2,5 nudos.



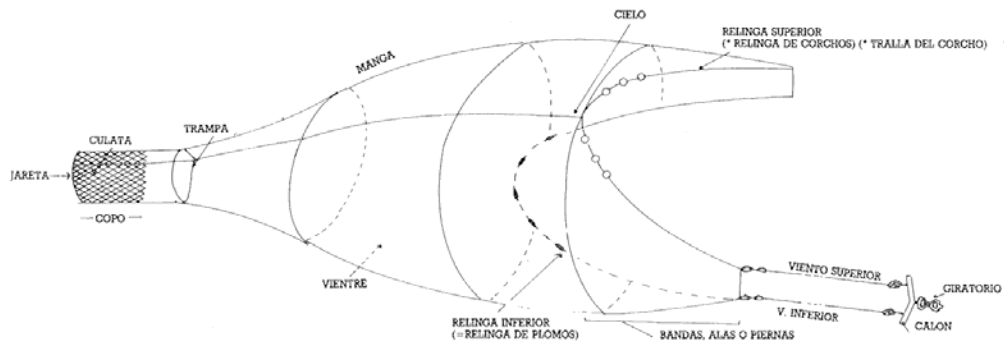
**Figura 3.8.- Maniobra de virado en un lance de *A. antennatus* en el Golfo de Alicante.**







ESQUEMA ELEMENTAL DE UN ARTE DE ARRASTRE DE FONDO



ESQUEMA DEL ARTE DE ARRASTRE

Figura 3.9.- Esquema de un arte estándar de arrastre de fondo, similar al empleado en la explotación de *Aristeus antennatus* en las zonas prospectadas.

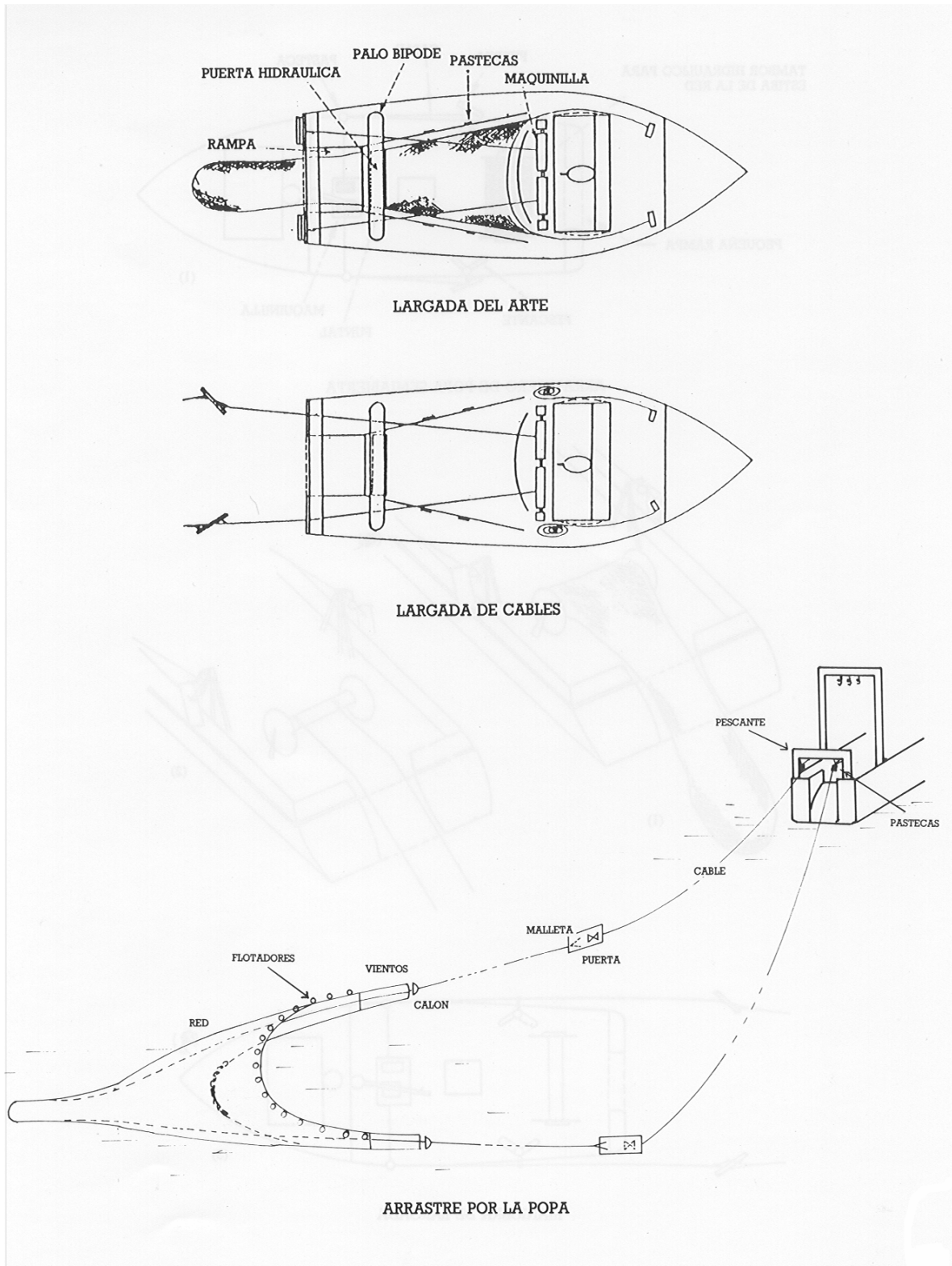


Figura 3.10.- Esquema de las maniobras de largado y virado en la pesca al arrastre de fondo.

3.2.3.3.2. Zonas de pesca

Los lances se realizaron en zonas, generalmente explotadas en la pesca de la gamba roja y en alguna zona no prospectada, teniendo éstas últimas resultado nulo en cuanto a la captura de la especie objetivo; a continuación (Tabla 3.4) se relacionan las principales características de las áreas en que se capturó *A. antennatus*, con su denominación local y los rangos de profundidad a que se trabajó.

**Tabla 3.4 .- Características de los caladeros controlados por lances en las zonas de muestreo.**

Caladero	Latitud	Longitud	Prof. Min.	Prof. Max.
Corea	37 45 26 N	00 14 25 W	510	640
El Congo	37 52 07 N	00 01 12 W	558	648
Embarres	38 01 68 N	00 15 13 W	522	612
Levant	38 01 15 N	00 07 07 W	549	612
Candelerero	37 48 20 N	00 23 13 W	350	658
El Clock	38 27 74 N	01 27 13 E	504	676
Murals	39 15 54 N	01 41 67 E	441	622
Tagomago	39 12 21 N	01 51 84 E	414	612
Tagomago Sur	39 11 33 N	01 50 92 E	350	792
Vedrá Sur	38 51 17 N	00 56 41 E	387	630
La Barcaza	38 53 17 N	01 52 17 E	380	630
La Mola	38 43 94 N	01 54 85 E	478	604
Seco de Fuera	36 49 51N	01 35 24W	735	1079
Canto de Garrucha	37 56 30 N	01 47 30 W	391	837
Canto nuevo	36 59 24 N	01 46 75 W	446	818
El Verin	37 14 57 N	01 38 50 W	554	1153

En general las profundidades a que se realizaron las pescas resultan superiores a las habituales. Así vemos que la profundidad media, para el total de las pescas en que se capturó *Aristeus antennatus*, fue de 630 m, con una profundidad mínima aparición de 350 m y una máxima de 1 153 m. Por caladeros las pescas más profundas se realizaron en el Verín, el Seco de Fuera, Canto Nuevo, y Canto de Garrucha, todos situados en el Golfo de Vera, tal como se aprecia en la Figura 3.11. La representación geográfica de las situaciones de los lances efectuados aparecen reflejadas en las Figs. 3.12, 3.13 y 3.14.

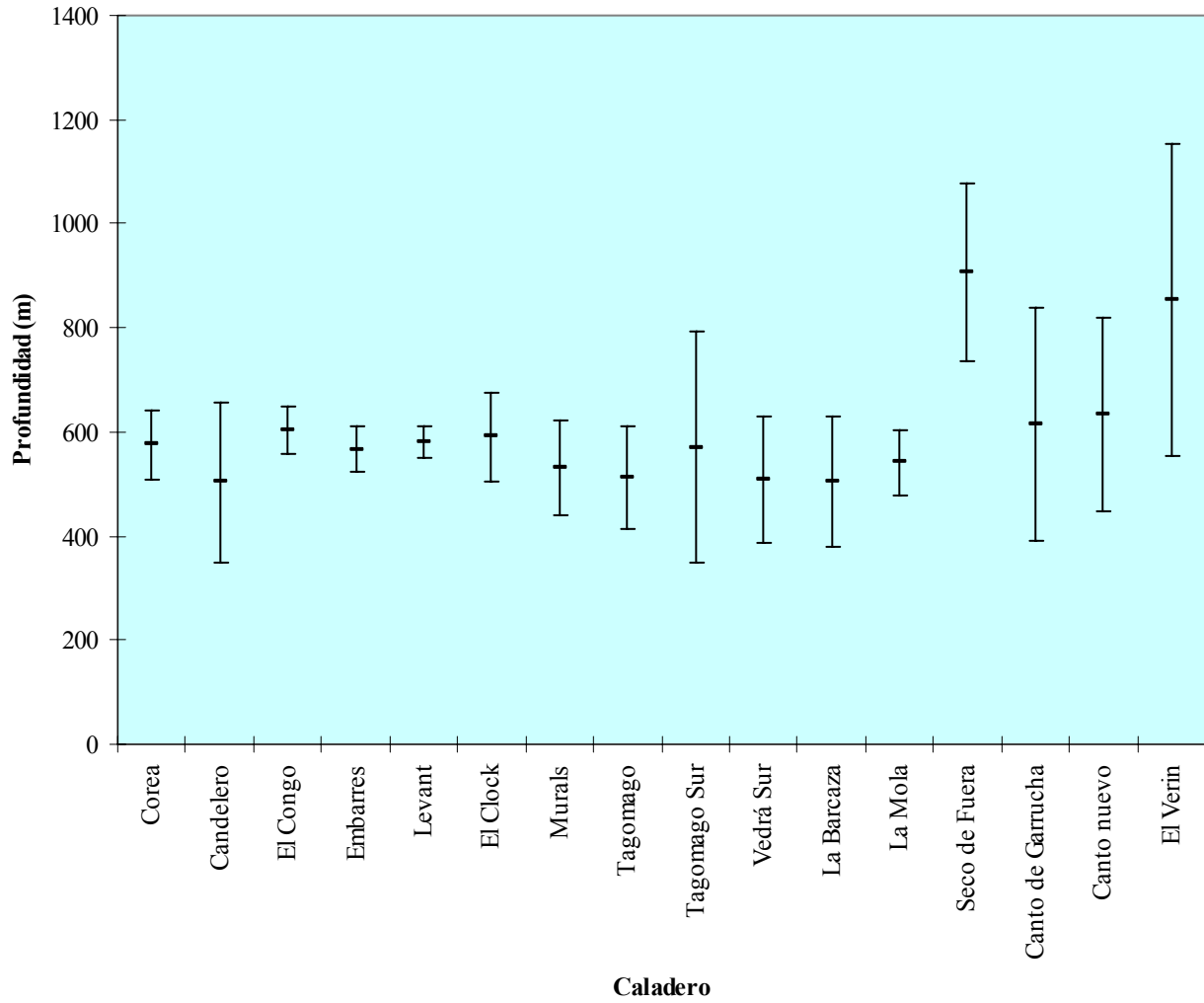


Figura 3.11.- Representación de los valores máximos y mínimos y mediana de las profundidades de las pescas donde se ha capturado *Aristeus antennatus* por caladero.

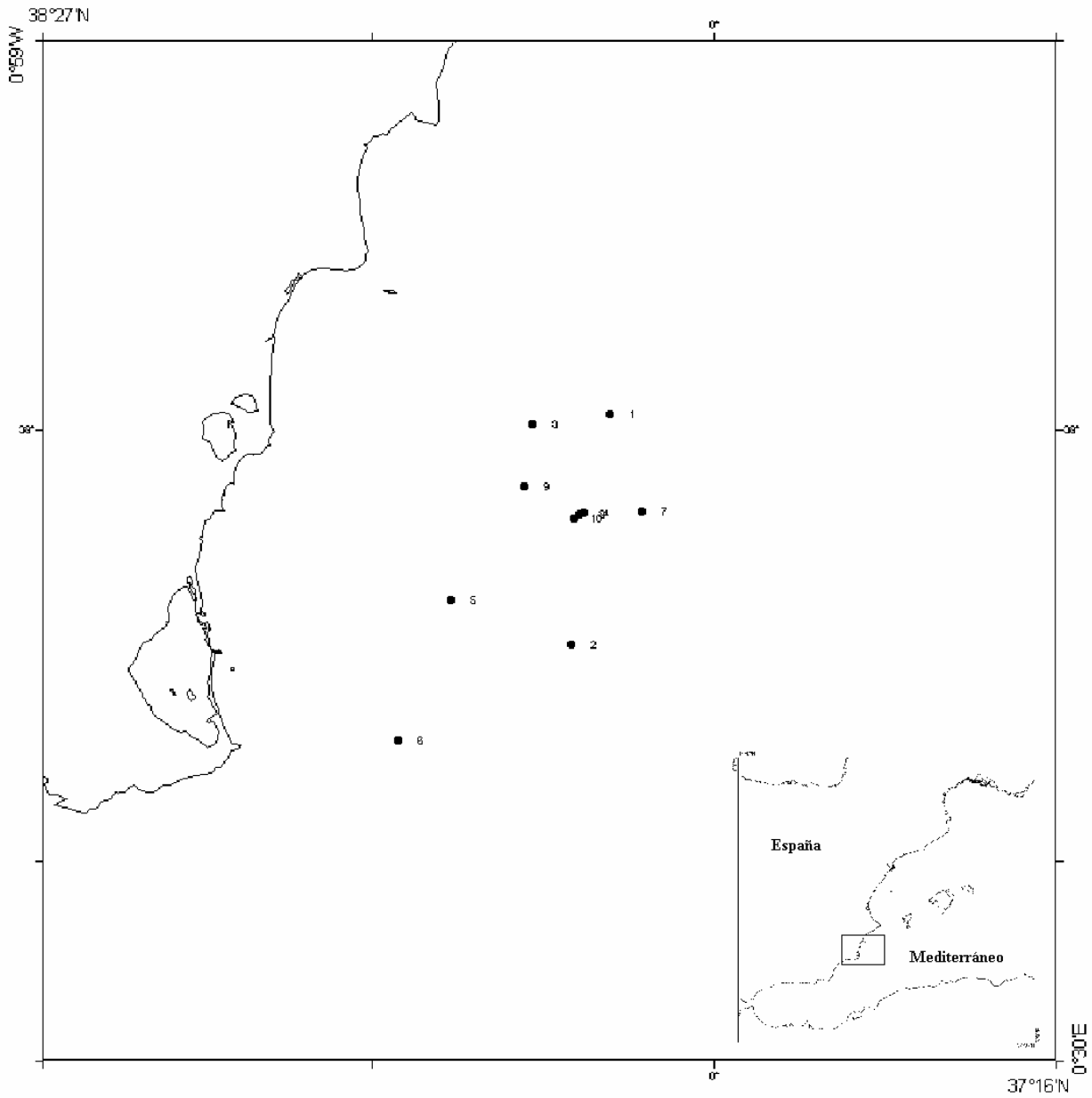


Figura 3.12.- Representación geográfica de los puntos muestreados en la zona de estudio del Golfo de Alicante.

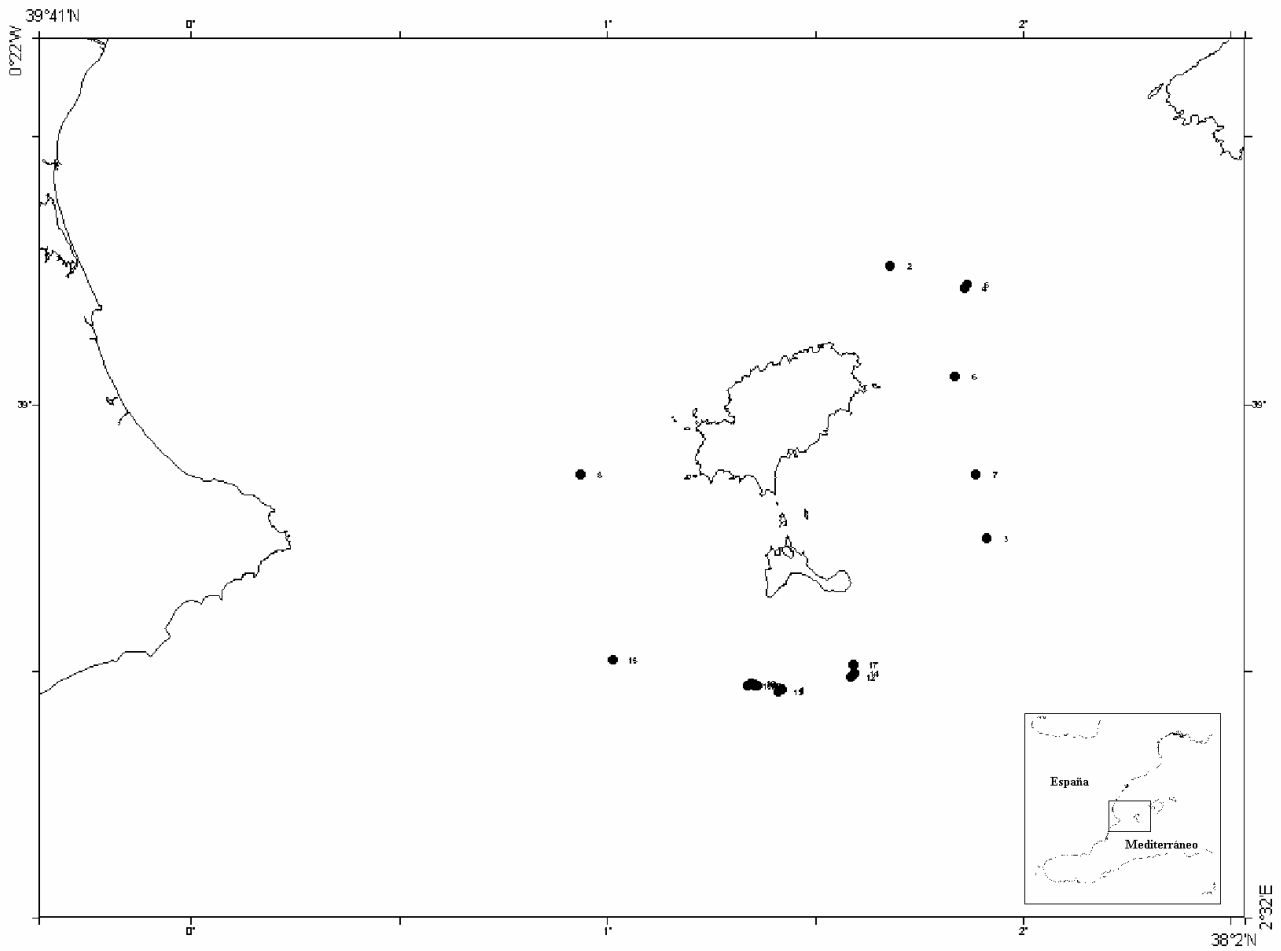
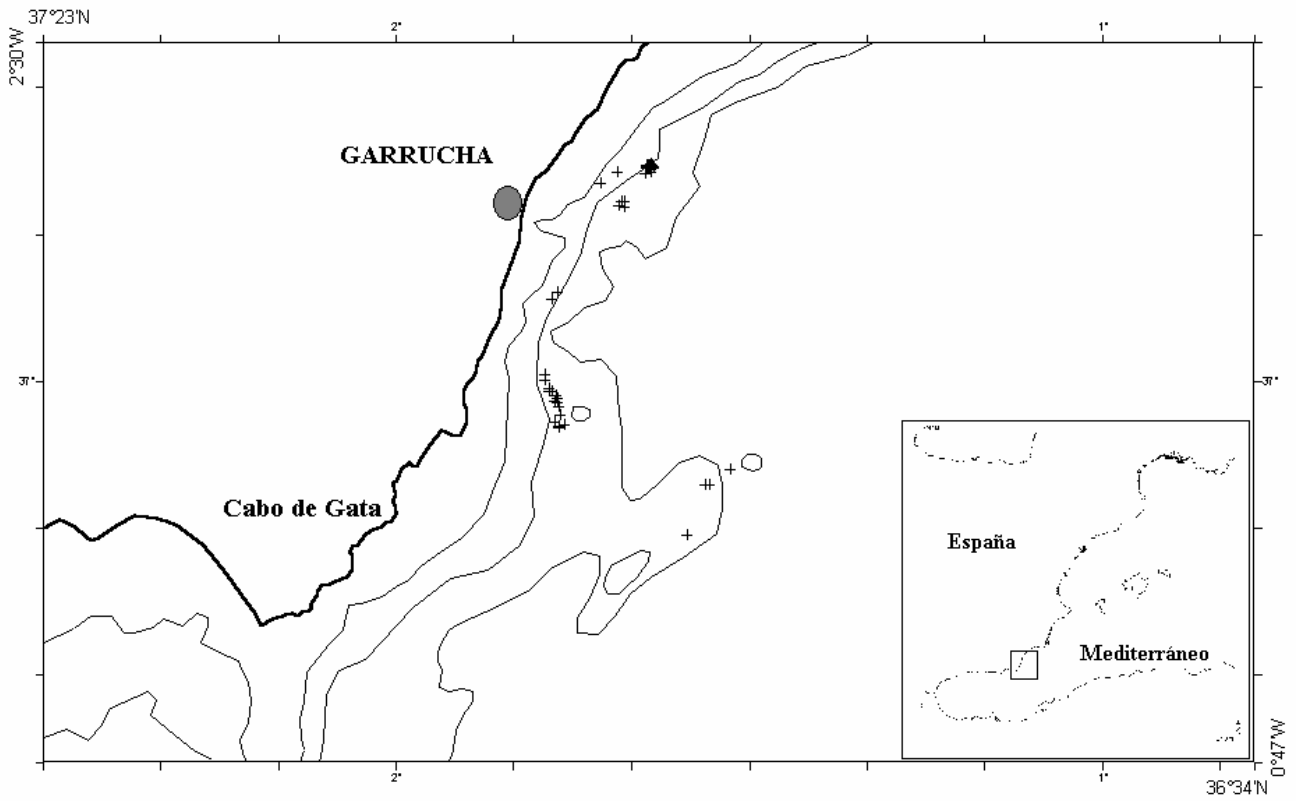


Figura 3.13.- Representación geográfica de los puntos muestreados en la zona de estudio del Canal de Ibiza.



**Figura 3.14.- Representación geográfica de los puntos muestreados en la zona de estudio del Golfo de Vera.**

3.2.3.3.3. Identificación de Caladeros

Los lances realizados en los distintos caladeros, junto con las informaciones aportadas por los patrones, han permitido definir geográficamente los distintos caladeros de las zonas de prospección, relacionados en la Tabla 3.5, tal como aparecen representados en las Figuras 3.15, 3.16 y 3.17 para cada una de las áreas prospectadas.

**Tabla 3.5.- Denominaciones de los caladeros de pesca de *A. antennatus* en las zonas de estudio.**

Golfo de Alicante	Canal de Ibiza	Golfo de Vera (sur)
Embarres	Tagomago	El Verín
Caolla	La Barcaza	Canto Pote o de Garrucha
Levant	La Mola	Canto Nuevo
Congo	El Clock	El Congo
Corea	El Loco	Canto de Fuera (experimental)
Candeleros	Sur de Vedrá	

Las denominaciones varían ligeramente según las aplique un patrón u otro, aunque en general se corresponden bastante entre ellas; lo mismo ocurre con la extensión de las localizaciones, ya que en ocasiones se han dado lances en los embarques que han sido denominados como de una zona vecina (p.ej. El Clock-El Loco en el Canal de Ibiza; Levant-Caolla en el Golfo de Alicante) aunque en general existe un acuerdo en reconocer los caladeros aquí presentados, como los habituales con una denominación comúnmente aceptada. En los embarques realizados se han prospectado todos los caladeros descritos a excepción del Congo en el Golfo de Vera, ya que al estar muy alejado del puerto base, se prefirió prospectar el Seco de Fuera, caladero no habitual de la Flota de Garrucha. La zona sur del caladero del Congo en el Golfo de Vera es explotada habitualmente por la flota de Almería. Los caladeros del Golfo de Vera norte (Murcia) han sido localizados y descritos por Martínez-Baños en 1997.



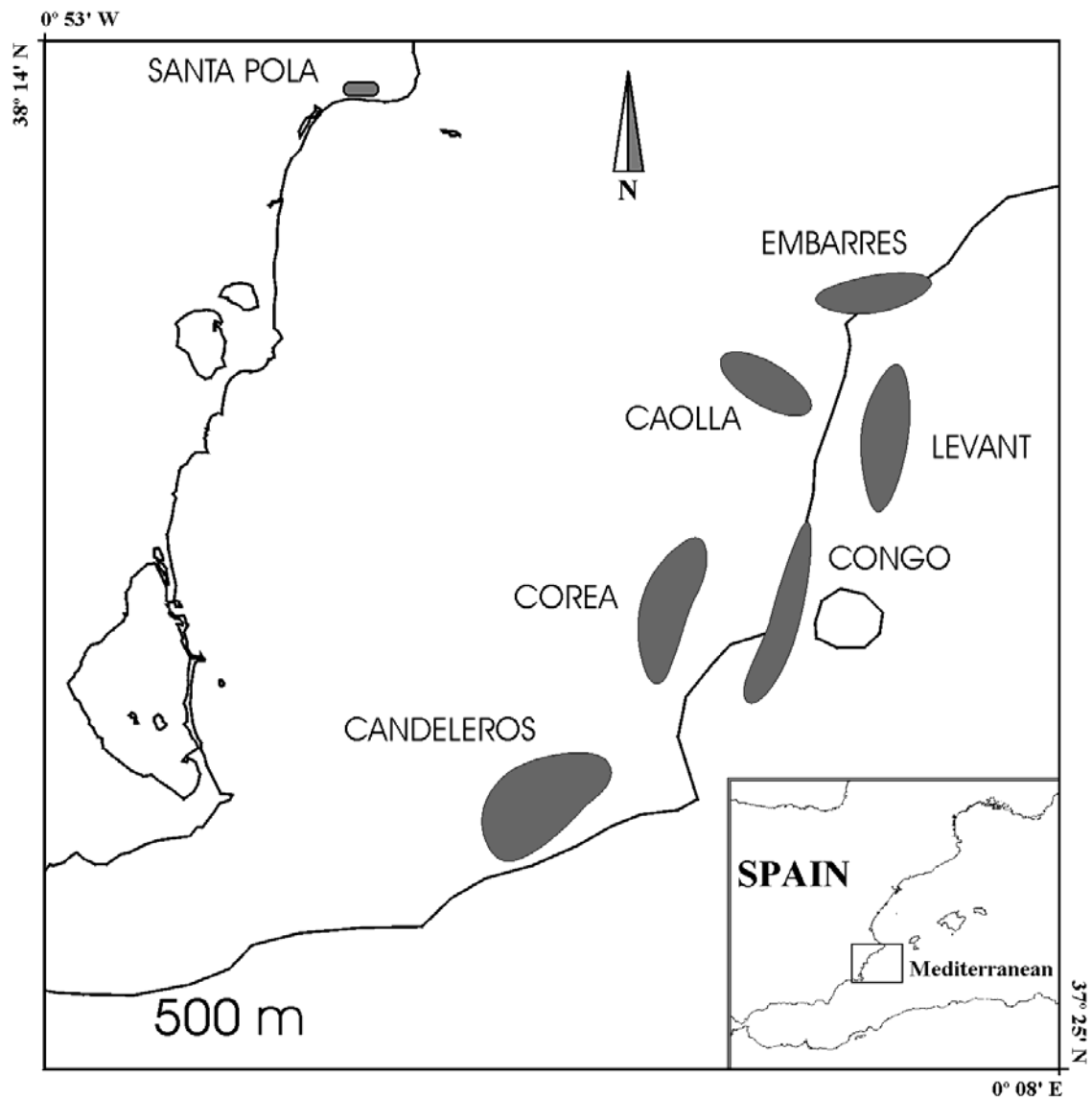


Figura 3.15.- Localización de los principales caladeros y sus denominaciones frecuentados por las flotas de arrastre en la captura de *Aristeus antennatus* en la zona del Golfo de Alicante, entre Cabo de Palos y el Cabo de Santa Pola.

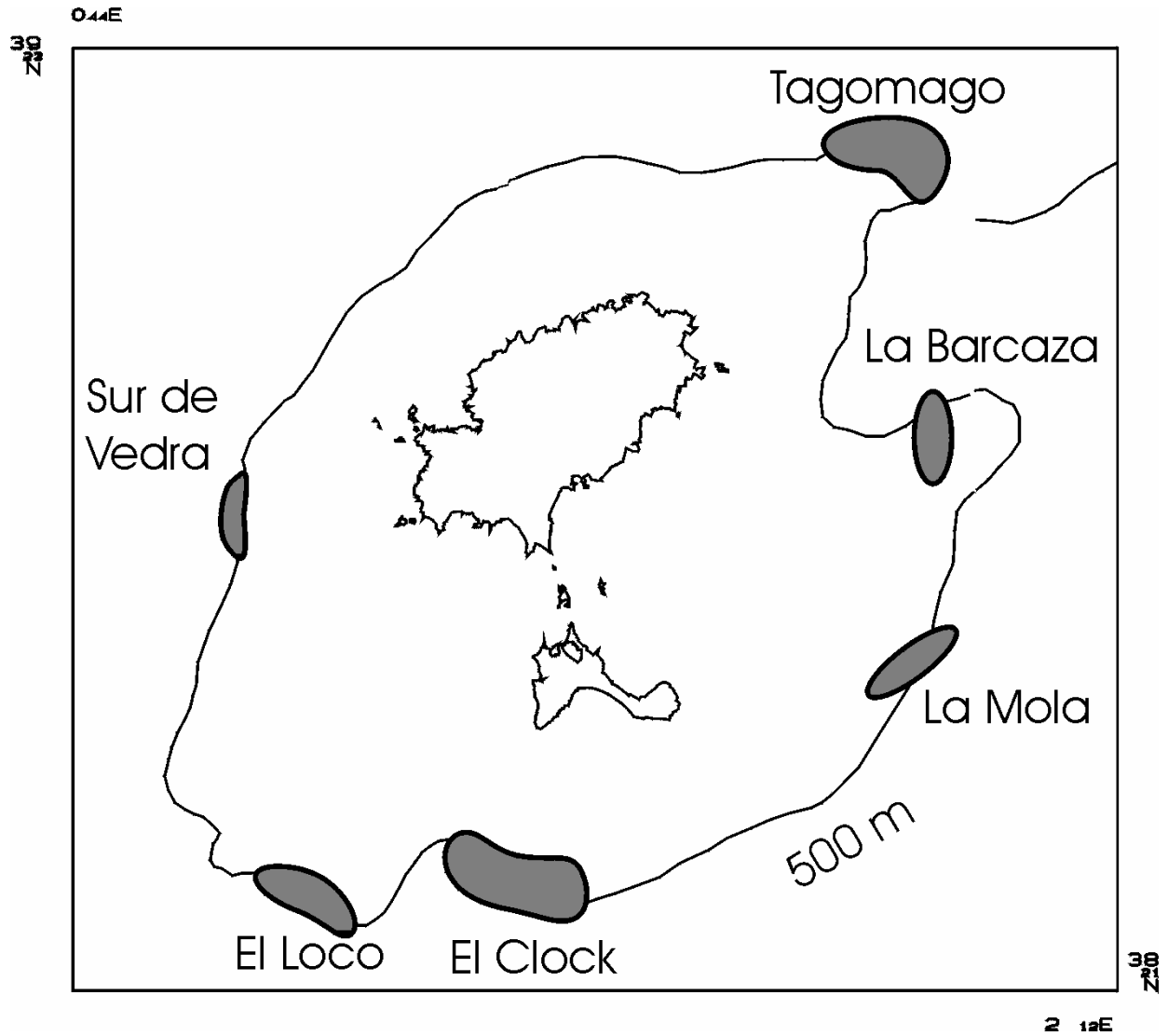


Figura 3.16.- Localización de los principales caladeros y sus denominaciones frecuentados por las flotas de arrastre en la captura de *Aristeus antennatus* en la zona del Canal de Ibiza.

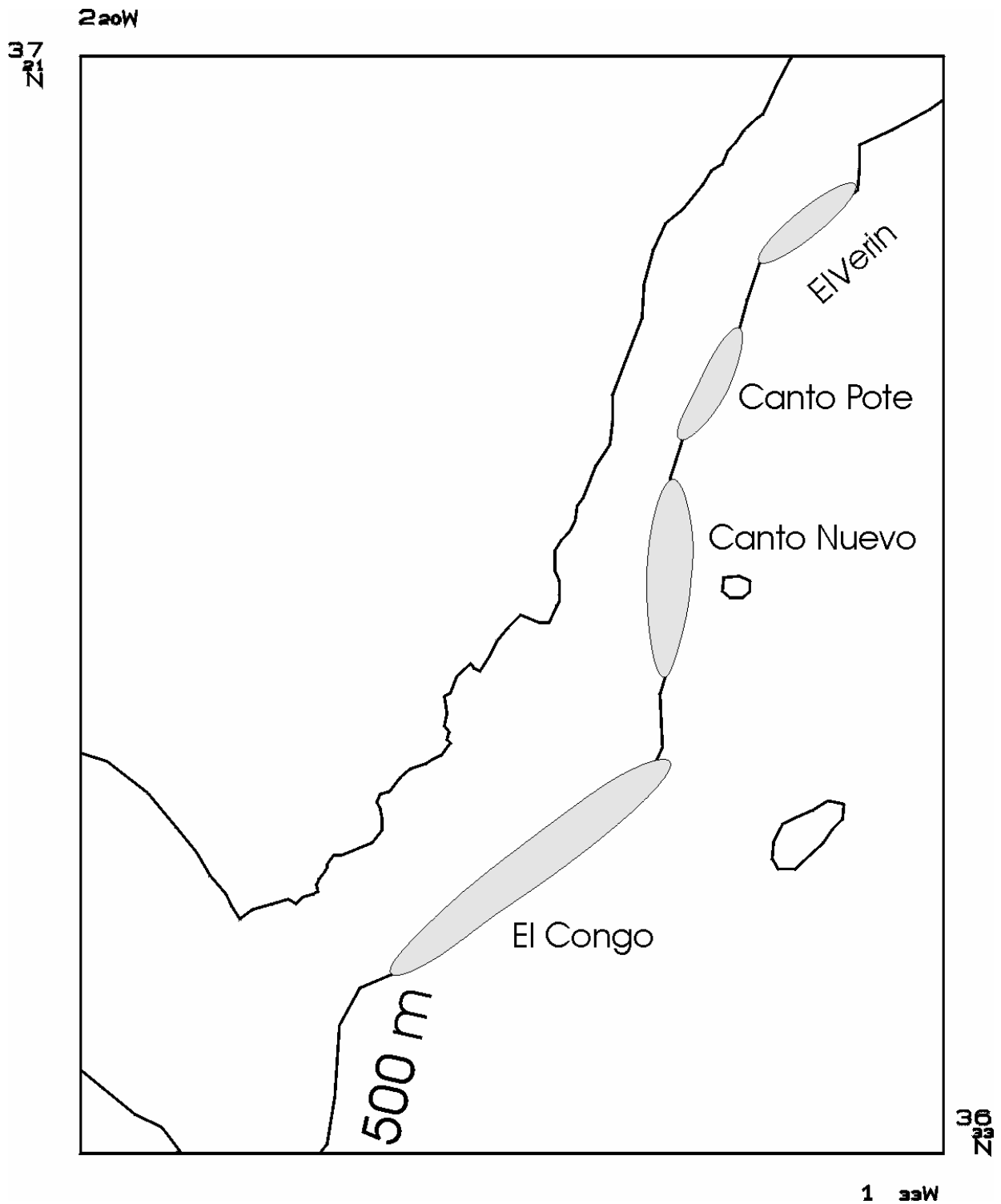


Figura 3.17.- Localización de los principales caladeros y sus denominaciones frecuentados por las flotas de arrastre en la captura de *Aristeus antennatus* en la zona Sur del Golfo de Vera, entre el Cabo de Gata y Garrucha.

3.2.3.3.4. Composición de las capturas

La especie objetivo (*A. antennatus*) tuvo una gran representación en las capturas obtenidas en las diferentes zonas, ya que su porcentaje de contribución en peso al total de las capturas osciló entre un 38,6 % a un 60,9 % según la zona (Figs. 3.20). La zona que mostró mayor porcentaje de contribución en peso de la especie a la captura fue la del Golfo de Vera (60,86%), seguida del Golfo de Alicante (58,75%) y finalmente del Canal de Ibiza (38,57%), que muestra los valores más bajos de contribución.

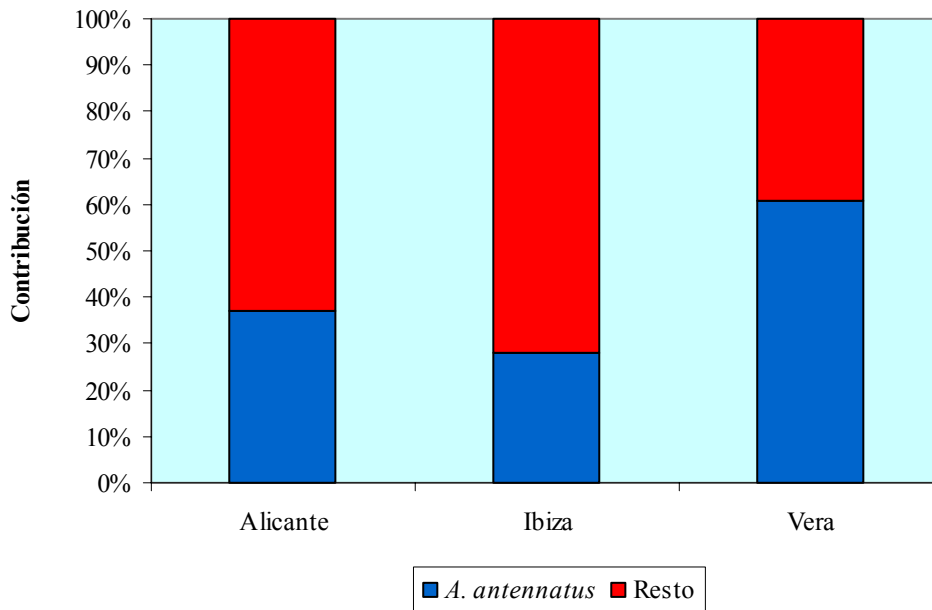


Figura 3.18- Capturas obtenidas en lances efectuados en caladeros de *A. antennatus*





Figura 3.19.- Composición de un lance efectuado en caladeros de *A. antennatus*



**Figura 3.20.- Contribución de *A. antennatus* , en porcentaje del peso de captura total, en las distintas zonas prospectadas.**

En esta Memoria no se ha realizado un inventario exhaustivo de la fauna acompañante ya que ni era el objetivo del estudio ni se ha empleado sobrecojo, como es perentorio en esta clase de trabajos; sin embargo se han identificado un total de 27 especies, que se relacionan a continuación:

---

---

LISTADO DE FAUNÍSTICA

PISCES

CLASE CONDRICHTHYES

Orden Squaliformes.

**Familia Daliatidae.**

*Etmopterus spinax* (Linnaeus, 1758)

Orden Carchariniiformes.

**Familia Scyliorhinidae.**

*Scyliorhinus canicula* (Linnaeus, 1758)

*Galeus melastomus* Rafinesque, 1810

CLASE OSTEICHTHYES

Orden Myctophiformes

**Familia Mictophidae**

*Lampanyctus coccrodilus* (Risso, 1810)

Orden Aulopiformes

**Familia Chloroformidae**

*Chloroformus agasizi* Bonaparte, 1840

Orden Anguiliformes

**Familia Congridae**

*Conger conger* (Linnaeus, 1758)

Orden Gadiformes

**Familia Macruridae**

*Caelorinchus caelorinchus* (Risso, 1810)

**Familia Merluccidae**

*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)

**Familia Gadidae**

*Micromesistius poutassou* (Risso, 1826)

**Familia Phycidae**

*Phycis blennoides* (Brünnich, 1768)

Orden Perciformes

**Familia Epogonidae**

*Epigonus telescopus* (Risso, 1810)

**Familia Trichiuridae**

*Lepidopus caudatus* (Euphrasen, 1788)

Orden Scorpaeniformes

**Familia Sebastidae**

*Helicolenus dactilopterus* (Delaroche, 1809)

Orden Lophiiformes

**Familia Lophiidae**

*Lophius piscatorius* Linnaeus, 1758

CRUSTACEA

Orden Decapoda

Suborden Dendrobranchiata

Superfamilia Penaeoidea

**Familia Aristeidae**

*Aristeomorpha foliacea* (Risso, 1827)

**Familia Penaeidae**

*Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846)

Suborden Pleocyemata

Infraorden Caridea

**Familia Pasiphaeidae**

*Pasiphaea multidentata* Esmark, 1866

*Pasiphaea sivado* (Risso, 1816)

**Familia Pandalidae**

*Plesionika edwardsi* (Brandt, 1851)

*Plesionika heterocarpus* (Costa, 1871)

*Plesionika martia* A. Milne Edwards, 1883

Infraorden Astacidae

**Familia Nephropidae**

*Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758)



Infraorden Brachiura

**Familia Homolidae**

*Paramola cuvieri* (Risso, 1816)

**Familia Calappidae**

*Calappa granulata* (Linnaeus, 1758)

**Familia Geryonidae**

*Geryon longipes* A. Milne Edwards, 1881

**Familia Palinuridae**

*Palinurus elephas* (Fabricius, 1787)

MOLUSCAE

CLASE CEPHALOPODA

Orden Theuthoidae

**Familia Ommastrephidae**

*Todarodes sagitatus* (Lamarck, 1798)

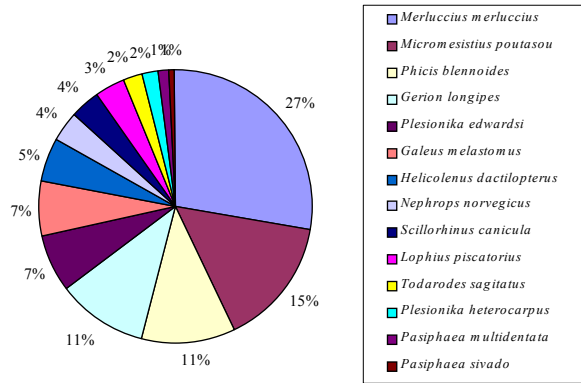
La presencia y contribución en biomasa de éstas especies ha variado según las zonas y a lo largo de la experiencia (Fig. 3.41); la mayor parte de las especies consignadas son consideradas básicamente demersales, aunque algunas son consideradas nectobentónicas (*M. merluccius*, *H. dactylopterus*) o predominantemente pelágicas (*M. poutassou*, *P. multidentata*). Así se observa que ha habido una serie de especies ocurrentes en todas las zonas (*M. merluccius*, *M. poutassou*, *Ph. blennoides*, *G. melastomus*, *N. norvegicus*, *P. edwardsi*, *T. Sagitatus*, etc..) mientras que otras sólo aparecen en alguna de las zonas (*A. foliacea* en Ibiza). Por otra parte las contribuciones en biomasa también muestran diferencias de una zona a otra; en la Figura 3.42 se presentan las contribuciones porcentuales en biomasa al total de las capturas de las principales especies de peces y crustáceos comunes, existiendo una cierta similitud entre las zonas de Alicante e Ibiza mostrando la zona de Vera diferencias con ambas.



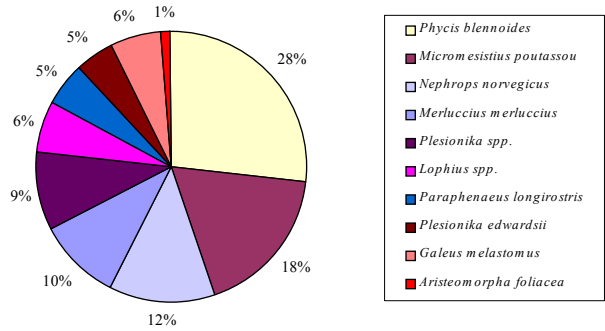
Figura 3.21.- Ejemplares de *A. antennatus* capturados al arrastre, en una operación de muestreo.



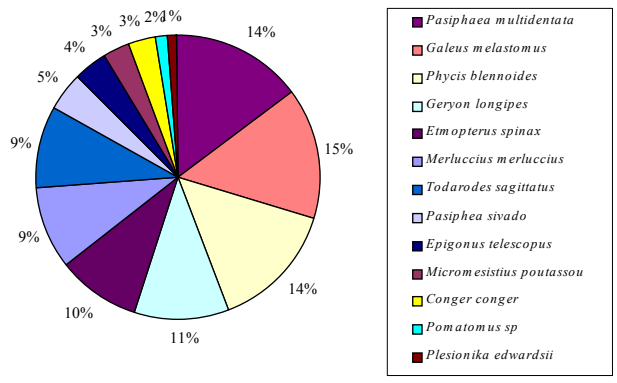
**Golfo de Alicante**



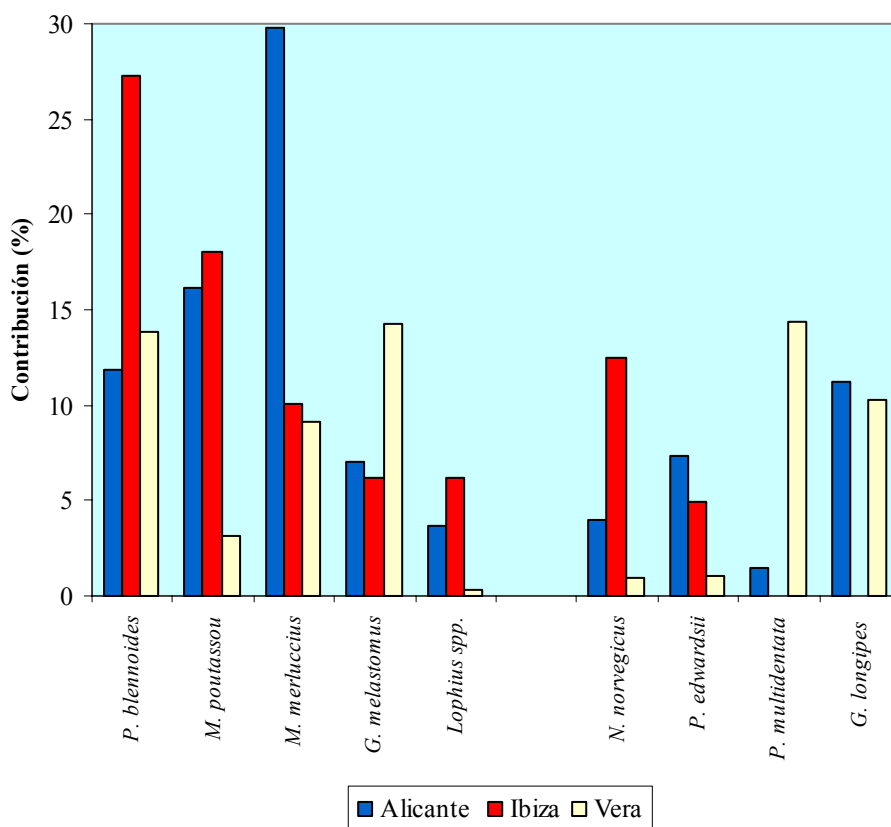
**Canal de Ibiza**



**Golfo de Vera**



**Figura 3.22.- Contribución porcentual al total de las capturas en peso de las principales especies acompañantes en las capturas de *A. antennatus* en las distintas zonas.**



**Figura 3.23.- Comparación entre zonas de las contribuciones en peso a la captura de las principales especies de peces (izquierda) y de crustáceos (derecha).**

Las especies acompañantes encontradas en la captura sufren una tasa importante de descartes, fundamentalmente en tallas pequeñas de brótola de fango (*Phycys blennoides*) y sable (*Lepidopus caudatus*) y ejemplares dañados de bacaladilla (*Micromesistius poutassou*); por otra parte existe un gran volumen de captura (45%) de especies no comerciales, como los crustáceos *Plesionika heterocarpus*, *Gerion longipes*, *Munida sp.* y el cefalópodo *Todarodes sagittatus*, mientras que las especies ícticas descartadas son *Coelorrinchus coelorrinchus*, *Chlorophthalmus agassizii* y *Lampanyctus coccrodilus*.

3.2.3.3.5. Rendimientos

Las capturas diarias de la especie objetivo, o CPUE (kg/barco/día) obtenidas variaron de una zona a otra y especialmente dentro de cada zona entre los distintos caladeros, con una captura máxima de 42,5 kg/barco/día y una mínima de 3,6 kg/barco/día siendo en promedio de unos 18,3 kg/barco/día. Los mejores rendimientos se obtuvieron en los caladeros de Corea (Golfo de Alicante) y El Verín (Golfo de Vera), mientras que los más bajos se obtuvieron en El Loco, en Los Hoyos y en Murals (Canal de Ibiza) y en El Congo del Golfo de Alicante. Las CPUE medias para cada zona fueron muy similares entre el Golfo de Alicante y el de Vera, siendo menores en Ibiza (Tabla 3.5).

**Tabla 3.5.- Resumen de los resultados de rendimientos de *A. antennatus* en los distintas caladeros.**

Periodo	Zona	Caladero	CPUE/Día	S.D	CPUE/hora	S.D
Nov98-sep99	Golfo Alicante	Caolla	20,528	10,946	3,480	2,095
		Corea	42,500	16,263	6,071	2,323
		El Congo	6,425	1,874	1,394	0,769
		Embarres	23,978	10,821	4,271	2,503
		Levant	22,443	15,821	3,077	2,335
Nov98-sep99	Canal Ibiza	El Clock	17,503	17,630	2,398	2,275
		El Loco	3,563	4,389	0,560	0,760
		Los Hoyos	5,721	2,347	0,919	0,540
		Murals	5,880	0,000	1,225	0,000
		Tagomago	24,044	15,238	3,745	2,071
Jul-sep-99	Golfo de Vera	Canto de Garrucha	14,063	12,924	2,706	1,345
		Canto Nuevo	20,862	11,479	2,516	1,336
		El Verín	40,068	14,803	4,216	1,469
		Seco de Fuera	8,973	5,498	3,371	1,720

En cuanto a los rendimientos horarios de la especie objetivo, expresados en kilogramos de captura de la especie objetivo por hora efectiva de arrastre, vemos que el rendimiento medio para todas las pescas es de 2,85 kg/h, mientras que por caladeros los de mayor rendimiento horario son Corea (Alicante), el Verín (Vera), Embarres y Caolla (Alicante) y el Seco de Fuera en la zona de Vera (Figs. 3.24 y 3.25); los rendimientos obtenidos en la zona del Canal de Ibiza muestran los rendimientos más bajos del conjunto, a excepción del caladero de Tagomago.

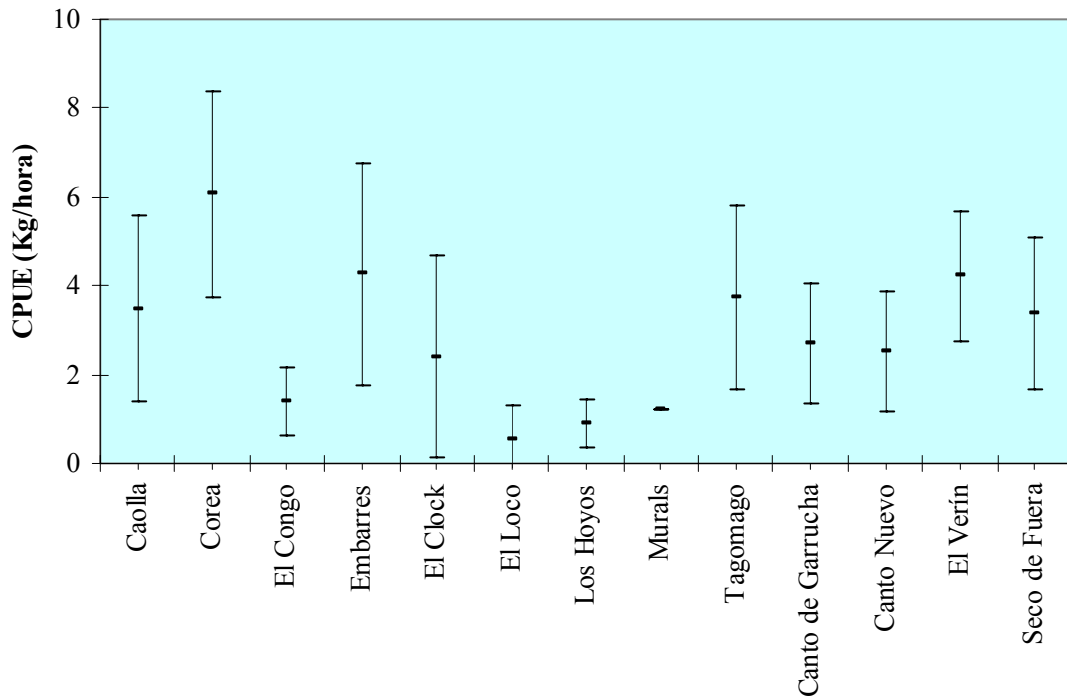


Figura 3.24.- Representación de los valores máximos, mínimos y medios de rendimientos horarios de *Aristeus antennatus* por caladero.

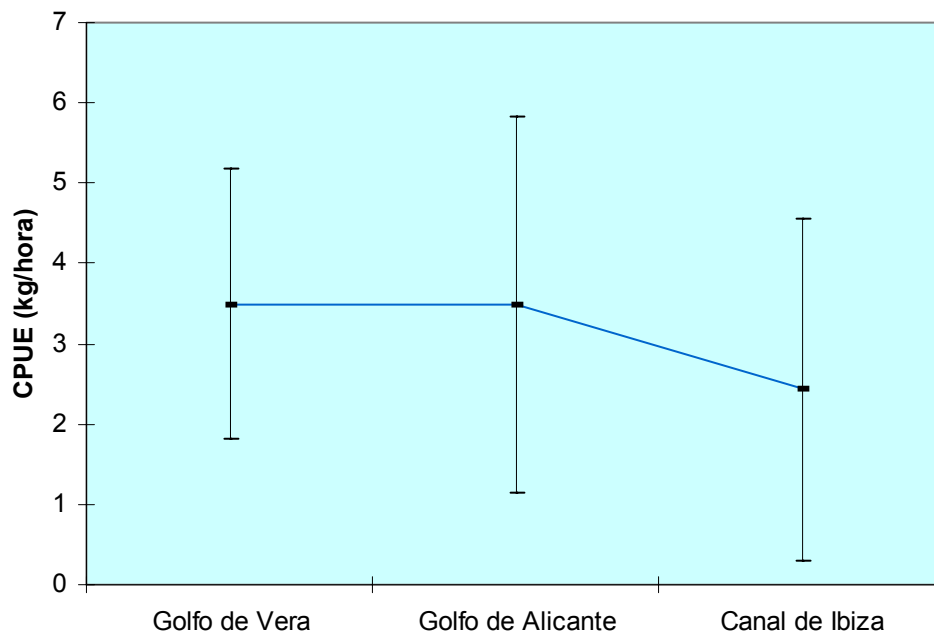


Figura 3.25.- Representación de los valores máximos, mínimos y medios de rendimientos horarios de *Aristeus antennatus* para cada área prospectada.

### **3.2.4. Caracterización de la pesquería**

#### 3.2.4.1. Introducción

El estudio de las capturas de una especie, no debe limitarse al seguimiento de sus desembarcos y del tiempo aplicado en su captura: Uno de los principales problemas que se encuentran, cuando se utilizan datos de captura referido a un esfuerzo, en las pesquerías de *A. antennatus* en la zona de estudio, reside en la interferencia que producen en los datos, los desembarcos ocasionales de embarcaciones de otros puertos base de la zona; muchas de estas embarcaciones, al igual que algunas del puerto base, no dirigen su actividad exclusivamente a la gamba roja como especie objetivo, sino que la capturan esporádicamente. Estos desembarcos ocasionales distorsionan la imagen que, del análisis de los datos de captura y esfuerzo de un puerto dado, se pueda obtener.

En nuestro caso, a pesar de que las pesquerías de arrastre del Mediterráneo sean consideradas como multiespecíficas, con más de 104 especies registradas en arrastres comerciales en algunas áreas (Massutí *et al.*, 1996), la pesquería de la gamba roja puede ser considerada como monoespecífica y que no sufre descartes debido a su elevado valor comercial (Demestre, 1993; Carbonell *et al.*, 1997). A pesar de esta consideración, algunos desembarcos, donde la presencia de *A. antennatus* es obvia, a menudo contienen otras especies que no pueden ser consideradas como características de los caladeros de gamba roja. Esto sugiere que la embarcación realizó su actividad en la zona límite de distribución de la especie, o bien realizó algún lance esporádico dirigido a gamba roja, o por el contrario como complemento a la captura de gamba roja, lo que tiene reflejo en la composición específica de las capturas y en las mismas capturas de gamba roja. Esta circunstancia también puede distorsionar seriamente los resultados de un análisis de capturas por esfuerzo.

Por lo tanto resulta recomendable poder identificar con facilidad, estas embarcaciones antes de obtener datos derivados de la pesquería.

Para ello es necesario caracterizar la actividad de la flota, obteniendo una imagen de la estrategia de pesca que se sigue en la explotación del recurso. En una pesquería multiespecífica, las especies objetivo de cada grupo deben de ser identificadas en un primer paso; la identificación subsecuente debe de ser llevada a cabo por un Análisis de Componentes Principales (PCA) (Biseau y Gondeaux, 1988; Laurec *et al.*, 1989) o por el análisis de la composición de la captura en relación al esfuerzo de pesca relativo aplicado (Biseau, 1998) obteniendo en consecuencia, un pequeño número de grupos, compuestos por embarcaciones que pescan de una forma similar, de acuerdo con las especies pescadas.

Por lo tanto, en este Apartado se describe una pesquería de *A. antennatus*, concretamente la desarrollada en el Golfo de Alicante, caracterizando su actividad y estrategia, con el objetivo de obtener una imagen más adecuada de esta pesquería de arrastre profundo en el Mediterráneo español.

#### 3.2.4.2. Material y Método

Los datos empleados en este Apartado proceden de los registros mensuales de las capturas de gamba roja (*Aristeus antennatus*) desembarcadas en el puerto de Santa Pola y cuyo origen procede de barcos que operaron en el Golfo de Alicante, desde el Cabo de San Antonio al Cabo de Palos. (1992-1999), y proceden de los registros diarios de la Cofradía de Pescadores de Santa Pola, habiendo sido recopilada por la Red de Información y Muestreo del I.E.O. Los datos fueron obtenidos para la actividad mensual de cada embarcación a lo largo del periodo; cada barco fue identificado por un código y se recogieron sus características físicas (GRT, potencia, eslora, etc.). En un primer paso, se calcularon las tasas de captura (CPUE nominales), como la relación entre el total de



capturas mensual de *A. antennatus* por barco y el total de días que faenó dicho barco en el mes; todos los registros con un valor inferior a 1 kg/barco/día fueron eliminados para posteriores análisis.

Para identificar las diferentes estrategias de pesca, o metiers (Bisseau, 1998), dentro de la flota gamera de arrastre del puerto de Santa Pola, se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) sobre un fichero que contenía el porcentaje de contribución de cada especie presente en la captura, sobre el total de la captura mensual, para cada embarcación, y para todo el periodo de estudio; el fichero contenía 2 669 líneas (desembarcos mensuales por barco) y 52 columnas, cada una de ellas representando a una especie. Sobre este fichero se realizó un PCA sobre la matriz de covarianzas, obteniendo información sobre la importancia relativa de las principales especies en la composición de las capturas, así como de la varianza explicada por las componentes aisladas obtenidas (Alvarez *et al*, 2001). Además, se realizó un análisis de Clúster para clasificar los grupos de observaciones (barcos/mes) en diferentes grupos de actividad con respecto a la pesca de la gamba roja. El objetivo final de este análisis era extraer los grupos de observaciones (barco/mes) que correspondieran más claramente a una pesquería de gamba roja, partiendo de una serie de datos anuales de la pesquería de gamba roja en el Golfo de Alicante; para ello se empleó el mismo fichero que en el PCA. Sobre este fichero se realizó un Análisis Jerárquico Aglomerativo, haciendo sucesivas aglomeraciones de elementos emparejados (Ward, 1963), empleando como medida de similitud la distancia Euclídea, y seleccionando los grupos a la máxima distancia (>750) de las combinaciones del dendrograma, para separar los diferentes grupos. Los resultados del agrupamiento, basados en la similitud entre la composición de las capturas y los porcentajes de las especies que las componen, fueron empleados para identificar y clasificar cada desembarco/mes (embarcación) en cada grupo de

actividad correspondiente, agrupando juntas aquellas embarcaciones que pescaron de una manera similar durante el periodo; seguidamente la composición específica de los desembarcos de cada grupo se comparó entre ellos. Los grupos de actividad identificados en este apartado, se utilizaron posteriormente (Cap.5) en la obtención de índices de abundancia de *A. antennatus* estandarizados.

Todos los análisis se realizaron aplicando las correspondientes subrutinas del programa S-PLUS 2000 (Becker *et al.*, 1988).

#### 3.2.4.3. Resultados

El Análisis de Componentes Principales ha identificado, al menos, tres tipos de estrategias de pesca (Fig. 3.26, arriba); una dominada por la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), otra por la gamba roja (*A. antennatus*) y una tercera caracterizada por la merluza (*Merluccius merluccius*). Sin embargo, la mayor parte de las observaciones, caen en el centro de los tres ejes. En la Figura 3.26 (abajo) se presentan las composiciones de las cinco componentes principales; en la primera se agrupan todas las capturas compuestas por *M. poutassou*, *M. merluccius* y caballa (*Scomber spp.*) que están negativamente relacionadas con la presencia de *A. antennatus* y cangrejo rojo (*Geryon longipes*). En la segunda componente las capturas están caracterizadas por la presencia de *M. merluccius*, pulpo (*Octopus* y *Eledone*) y *Scomber spp.*, relacionadas negativamente con la presencia de *M. poutassou* y *A. Antennatus* en la captura; las restantes componentes se ordenan de una manera similar. Estas cinco primeras componentes principales explican, en conjunto, más del 90 % de la variabilidad observada.

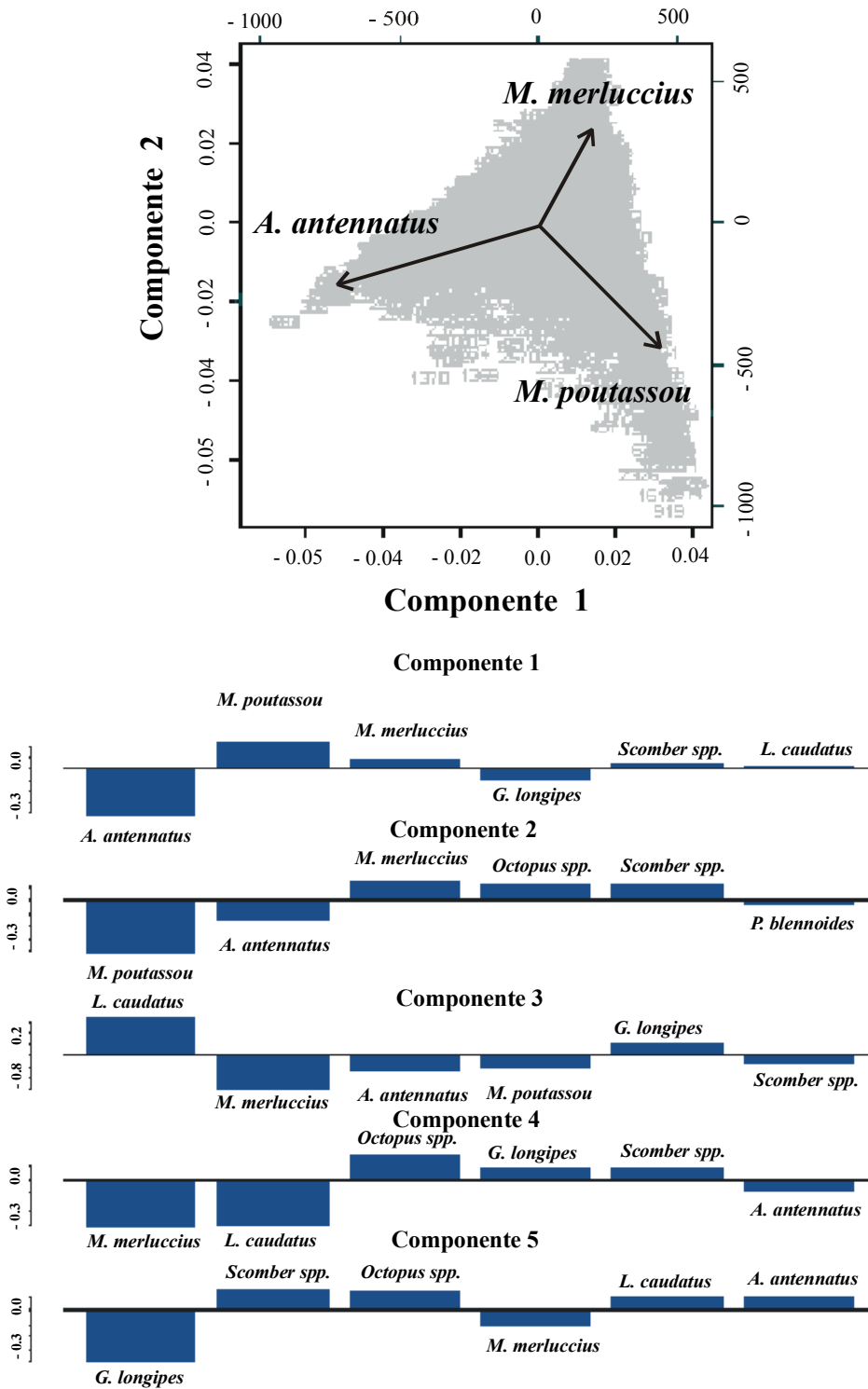
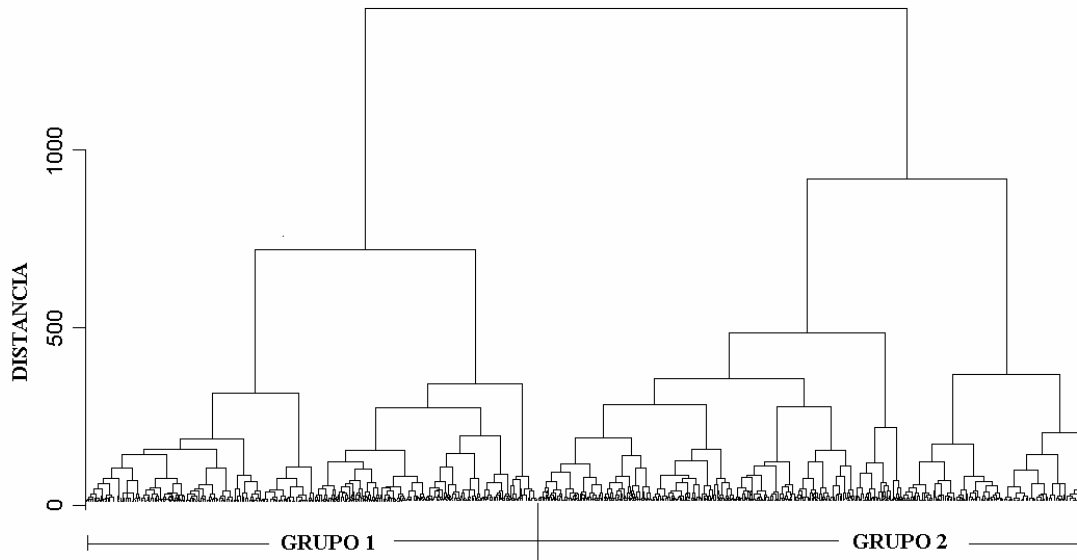


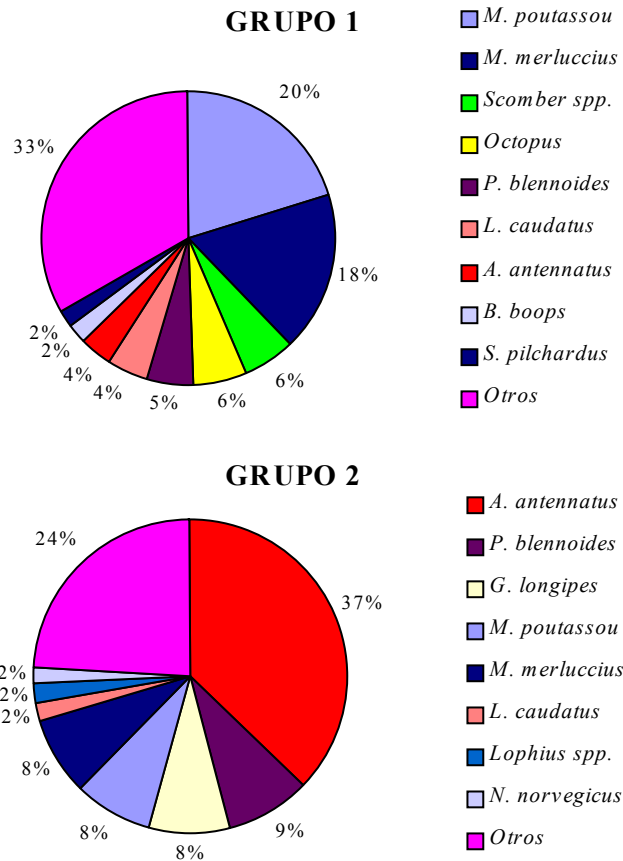
Figura 3.26.- Resultados del Análisis de Componentes Principales de las capturas de *A. antennatus*, mostrando la agrupación de capturas sobre especies (arriba) y la composición específica de los componentes más importantes (abajo).

Los resultados del agrupamiento del Análisis Jerárquico Aglomerativo se presentan en la Figura 3.27, mostrando el agrupamiento en dos grupos principales (1 y 2), basados en las proporciones de las especies en los desembarcos.



**Figura 3.27.- Resultados del Análisis Jerárquico Aglomerativo realizado sobre la composición de especies de los desembarcos de la flota que capturó *A. antennatus*.**

Se ha obtenido la composición porcentual de las especies presentes en los desembarcos, para cada grupo identificado; así vemos que los resultados obtenidos para el Grupo 1, muestran una composición específica en la que las especies dominantes conforman el 67 % del total. Esta composición está caracterizada por *M. puotassou*, *M. merluccius* y *Scomber spp*, así como brótola (*Phycis blennoides*), pez sable (*Lepidopus caudatus*) y *A. antennatus* (Fig. 3.28 arriba).



**Figura 3.28.- Composición específica de los desembarcos de los dos grupos de flota identificados en el Análisis Jerárquico Aglomerativo.**

La composición específica de las capturas de las embarcaciones que componen el Grupo 2 (Fig. 3.28 abajo) muestran una composición específica típica del talud, con *A. antennatus* como especie principal, seguido de *P. blennoides*, *G. longipes*, etc.. Los pulpos son fundamentalmente *E. cirrhosa* y el grupo de “otros” representa un 24 % aproximadamente. Las tallas de algunas especies, como *P. blennoides*, *M. merluccius* y *M. poutassou*, están dominadas por la categoría comercial “Grande”, estando la categoría de “Mediana” también bien representada.

Las embarcaciones que constituyen ambos grupos, tienen unas características técnicas muy similares, siendo un poco más numeroso el Grupo 1; la media no estandarizada de

CPUE de *A. antennatus*, muestra diferencias, siendo mucho menor en el Gupo 1 (Tabla 3.6).

**Tabla 3.6.- Resumen de las características medias de las embarcaciones que constituyen los dos grupos identificados.**

Media	Grupo 1	Grupo 2
Barcos (n)	83	67
Potencia (HP)	377	367
Eslora (m)	18.9	18.5
GRT	70.9	69.2
TRB	94.5	76.9
CPUE gamba roja Kg/barco/día	9.62	36.47

#### 3.2.3.4. Discusión

La presente Memoria aporta una primera aproximación al medio pesquero y la explotación de *A. antennatus* en las zonas elegidas. Los desembarcos totales anuales de gamba roja muestran la importancia de las zonas elegidas; en general existe una tendencia al aumento de las capturas a lo largo del período 1970-91, año en que comienzan a disminuir constantemente hasta 1999 en que comienzan a recuperarse ligeramente; este incremento constante en las capturas durante el período 1970 a 1991, puede responder a un incremento del esfuerzo de pesca en alguno de sus componentes (número de embarcaciones, potencia, tipo de arte, medios de navegación, etc..) que no ha sido contemplado en este trabajo. La evolución de los desembarcos a lo largo del periodo considerado muestra un patrón muy similar con independencia del puerto y la zona elegido; cuantitativamente es el puerto de Garrucha (Golfo de Vera sur) el de mayor volumen de desembarcos durante todo el periodo, seguido en importancia del de Santa Pola (Golfo de Alicante) y de los que reciben descargas del Canal de Ibiza, mientras que el

de Aguilas (Golfo de Vera norte) resulta ser el de menor entidad. Mensualmente se observa una paulatina disminución de las capturas a lo largo del período considerado (enero 1992 a diciembre de 1994), observándose un período de menores capturas entre octubre de 1992 y febrero de 1993; no observándose un claro patrón de explotación estacional.

La importancia económica del recurso queda de manifiesto en la tendencia exhibida por los volúmenes de primera venta generados en el puerto de Garrucha, que muestran una tendencia al incremento constante; en este puerto el volumen económico generado por esta especie puede representar hasta el 50 % del total de las ventas de lonja. En Murcia, Martínez-Baños (1997) le asigna un 34 % del total de las ventas, en promedio para las lonjas de Aguilas, Mazarrón y Cartagena; Carbonell (1994) y Carbonell *et al* (1999) le asigna un 25% del total de ventas, que alcanza un 60 % si consideramos las especies objetivo del arrastre, a esta especie en Baleares y, en Cataluña, Demestre y Martín (1993) la hacen descender hasta un 8% del volumen total de ventas.

El arte empleado en las experiencias resulta muy similar entre las distintas embarcaciones en que se realizaron embarques, no mostrando apenas diferencias con los empleados en otras zonas. En general las profundidades a que se realizaron las pescas resultan superiores a las habituales. Así vemos que la profundidad media, para el total de las pescas en que se capturó *Aristeus antennatus*, fue de 630 m, con una profundidad mínima aparición de 350 m y una máxima de 1 153 m; Martínez-Baños (1997) constata unos rangos menores de distribución de la especie, entre los 235 y los 638 m de profundidad, para la zona de Murcia (Golfo de Vera norte). En los lances controlados, las pescas se realizaron a una profundidad mínima media de 498 m y una máxima media de 634 m en la zona del Golfo de Alicante; en la zona del Canal de Ibiza la profundidad máxima media fue de 422 m y la máxima media de 652 m, mientras que en la zona del

Golfo de Vera los valores medios son más profundos, con una media de mínima de 532 m y una máxima media de 972 m; Martínez-Baños (1997) sitúa los rangos de explotación en el canal de Ibiza en unos valores (400-560 m) muy similares a los constatados en esta Memoria; para la zona de Almería este autor sitúa las profundidades de explotación entre los 310 y los 800 m, resultando inferiores a los constatados en el Golfo de Vera sur.

Los lances realizados en los distintos caladeros, junto con las informaciones aportadas por los patrones, han permitido definir geográficamente los distintos caladeros de las zonas de prospección. Se han definido geográficamente un total de 17 caladeros en las zonas de prospección, de los cuales 6 se localizan en el Golfo de Alicante, otros 6 en el Canal de Ibiza y los 5 restantes en la zona sur del Golfo de Vera.

La especie objetivo (*A. antennatus*) tuvo una gran representación en las capturas obtenidas en las diferentes zonas, ya que su porcentaje de contribución en peso al total de las capturas osciló entre un 38,6 % a un 60,9 % según la zona. La zona que mostró mayor porcentaje de contribución en peso de la especie a la captura fue la del Golfo de Vera (60,86%), seguida del Golfo de Alicante (58,75%) y finalmente del Canal de Ibiza (38,57%), que muestra los valores más bajos de contribución.

A pesar de haber realizado las prospecciones sin sobrecopto, se han determinado 26 especies acompañantes a la captura de gamba roja; esta cifra resulta modesta, comparándolas con otras campañas más enfocadas a la bionomía de los fondos, como las 73 especies que cita Martínez-Baños (1997) y las 75 de Massuti *et al* (1975) en la zona norte del Golfo de Vera, o las 46 de Massuti (1953) en Mallorca. Todas las especies consignadas han sido comunes a los estudios realizados previamente.

Las capturas diarias de la especie objetivo, o CPUE (kg/barco/día) obtenidas variaron de una zona a otra y especialmente dentro de cada zona entre los distintos caladeros; los



mejores rendimientos se obtuvieron en los caladeros de Corea (Golfo de Alicante) y El Verín (Golfo de Vera), mientras que los más bajos se obtuvieron en El Loco, en Los Hoyos y en Murals (Canal de Ibiza) y en El Congo del Golfo de Alicante. Las CPUE medias para cada zona fueron muy similares entre el Golfo de Alicante y el de Vera, resultando menores en Ibiza.

En cuanto a los rendimientos horarios de la especie objetivo, expresados en CPUE, kilogramos de captura por hora efectiva de arrastre, vemos que los caladeros de mayor rendimiento horario, en rendimiento medio, son; Corea (Alicante), el Verín (Vera), Embarres y Caolla (Alicante) y el Seco de Fuera en la zona de Vera; los rendimientos obtenidos en la zona del Canal de Ibiza muestran los rendimientos más bajos del conjunto, a excepción del caladero de Tagomago.

Los valores encontrados de rendimiento, tanto diario como horario, son similares a los consignados por otros autores (Arrobas y Ribeiro-Cascalho, 1984; Demestre, 1994; Martínez-Baños, 1997) en otras zonas (Sur de Portugal, Cataluña y Golfo de Vera norte), excepción hecha de los bajos rendimientos encontrados en los caladeros de El Congo (Golfo de Alicante), El Loco, Los Hoyos y Murals en el Canal de Ibiza y El Seco de Fuera en el Golfo de Vera, aunque en éste último caso sólo referido al rendimiento por día, ya que las CPUE horaria arrojan rendimientos superiores a los medios.

Con respecto a la caracterización y detección de distintas estrategias de pesca en una flota tipo, el Análisis de Componentes Principales de los desembarcos procedentes del Golfo de Alicante, identificó tres grupos de estrategias de pesca; uno dominado por la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), otro dominado por la merluza (*Merluccius merluccius*) y un tercero caracterizado por la gamba roja (*Aristeus antennatus*) explicando las cinco primeras componentes más del 90 % de la variabilidad. Dado que las agrupaciones de flota surgidas del PCA están basadas en las capturas de las especies

más discriminantes, que no necesariamente incluyen a la especie objetivo, las CPUE calculadas dentro de cada grupo de embarcaciones no pueden ser consideradas como CPUEs dirigidas a la especie objetivo (Biseau, 1998). Consecuentemente, se consideró mejor no utilizar estos resultados para agrupar las embarcaciones en “grupos de actividad” orientados a la captura de la gamba roja, aunque se considera que los resultados del PCA suministran una clara descripción de la pesquería.

Para la definición de los grupos de actividad, el agrupamiento obtenido por medio del Clustering da mejores resultados, identificando dos Grupos: El área en el que las embarcaciones del Grupo 1 faenan comprende la plataforma y la primera parte del talud (de 150 a 350 m); sus capturas están caracterizadas por la presencia abundante de *M. merluccius* y *M. poutassou*, con el cefalópodo *E. cirrhosa* y algunos crustáceos como la cigala (*N. norvegicus*) así como otras especies como la gamba blanca (*Parapenaeus longirrostris*), pez sable (*L. caudatus*), pez plata (*Argentina sphyraena*), fanecas (*Trisopterus spp.*), rapas (*Lophius spp.*) y pez de San Pedro (*Zeus faber*). Esta composición específica sugiere que los desembarcos de las embarcaciones comprendidos en este grupo, fueron obtenidos en un rango batimétrico bastante amplio, trabajando en la plataforma y parte superior del talud. Los descartes que se producen en este estrato, están compuestos mayoritariamente por peces, siendo la talla de poco interés comercial, la causa del descarte (Carbonell *et al.*, 1997).

La parte de la flota que constituye el Grupo 2, faena fundamentalmente, en el talud profundo (a partir de 350 m hacia más fondo) y sus capturas se caracterizan por la presencia abundante de algunos decápodos como la gamba roja (*A. antennatus*), la cigala (*N. norvegicus*), y algunos Gádidos como la brótola (*P. blennoides*) y merluzas (*M. merluccius*) generalmente de tallas grandes; los descartes en este estrato son escasos y se realizan sobre especies sin ningún interés comercial, como el bocanegra (*Galeus*

*melastomus*), el negrito (*Etmopterus spinax*) o el cangrejo rojo (*Gerion longipes*) (Carbonell *et al.*, 1997). La composición de especies de las capturas de este grupo de flota, coincide con la composición de capturas observada en embarques en los caladeros de gamba roja.

A pesar de que las embarcaciones pertenecientes al Grupo 2 tienen que navegar más tiempo que las del Grupo 1 para alcanzar los caladeros, las diferencias entre las características medias de las flotas es muy pequeña, e incluso ligeramente favorables al Grupo 1. Sin embargo, la diferencia entre las CPUE medias nominales, entre los dos grupos son muy altas. Hay que tener en cuenta que, una embarcación, puede aparecer un mes en un Grupo y al siguiente en el otro, según el patrón específico de actividad que haya desarrollado durante el periodo, lo cual explica la escasa diferencia entre las características físicas medias de las embarcaciones de los grupos. Sin embargo, y en general, se distinguen claramente dos tipos de actividad dentro de la flota, con respecto a la gamba roja, un grupo de actividad que pesca gamba roja esporádicamente (Grupo 1) y otro grupo en que la gamba roja es claramente la especie objetivo (Grupo 2).

## **4. BIOLOGÍA**

### **4.1. Introducción**

Las características biológicas de una especie responden, en general, a un proceso de adaptación-selección a las condiciones del medio donde se encuentran; por otra parte y en el caso de una especie explotada como recurso renovable, como en el caso de *A. antennatus*, el conocimiento de las características biológicas de la especie resulta un paso fundamental para el conocimiento de la dinámica poblacional y permitir el análisis del estado de la población, desde el punto de vista de la explotación como recurso.

El objetivo de este Capítulo, pues, es el de determinar las principales características biológicas (estructura de tallas de la población, crecimiento, reproducción y mortalidad) de la especie objeto de la presente Memoria, *A. antennatus*, en las tres zonas de estudio (Golfo de Alicante, Canal de Ibiza, Golfo de Vera) estableciendo las bases para el estudio de la situación de la explotación de la misma, considerada como recurso renovable.

Un primer paso ha sido determinar la estructura de tallas de la población analizando las frecuencias de talla, tanto a partir de los muestreos directos realizados (Cap.3) como de los muestreos mensuales de la población explotada por las flotas comerciales en las zonas de Golfo de Alicante (1995-1998), Canal de Ibiza (1992-1994) y Golfo de Vera (1992-1994), comparando los resultados.

Asimismo y a partir del análisis de las frecuencias de talla, se han determinado los parámetros de crecimiento de los individuos a lo largo del tiempo, para cada sexo y para cada zona, estableciendo comparaciones entre los resultados obtenidos.

El estudio del crecimiento relativo, que relaciona el peso para una talla dada, se ha realizado con muestreos biológicos mensuales realizados a lo largo del periodo 92-94 en Canal de Ibiza y Golfo de Vera y de un año (1997) en el Golfo de Alicante,

determinando los parámetros de las relaciones separadamente para cada sexo en cada zona estudiada; especial atención se ha dedicado a la frecuencia de la muda a lo largo del año de muestreo en el Golfo de Alicante.

La reproducción de *Aristeus antennatus* ha sido estudiada en cada zona por separado; a lo largo de un ciclo anual, se han determinado las proporciones sexuales y sus variaciones mensuales; se ha determinado la época de reproducción, su maduración gonadal, determinándose las tallas de primera maduración para cada sexo.

## **4.2. Estructura de Tallas**

### ***4.2.1. Introducción***

Un primer objetivo ha consistido en obtener una imagen fiable de la estructura demográfica de las poblaciones de las distintas zonas, a partir de muestreos mensuales de talla de las capturas comerciales obtenidas en las distintas zonas; así se realizaron muestreos de talla, tanto sobre las capturas obtenidas en los muestreos a bordo (Cap. 3) como en los muestreos realizados con periodicidad mensual en el puerto de Santa Pola, sobre capturas procedentes del Golfo de Alicante, entre los meses de enero de 1995 a diciembre de 1998; en ese mismo puerto y para capturas procedentes del Canal de Ibiza, se realizaron muestreos mensuales entre enero de 1992 y diciembre de 1994; los datos demográficos del Golfo de Vera se obtuvieron a partir de muestreos mensuales realizados en el puerto de Garrucha entre enero de 1992 y diciembre de 1994.

### ***4.2.2. Material y Método***

Los datos utilizados en este Apartado proceden de los muestreos de gamba roja realizados tanto a bordo de las embarcaciones, como en los puertos seleccionados para cada zona con periodicidad mensual.

En los muestreos realizados a bordo de las embarcaciones (Cap. 3) y para conocer la composición por tallas de la especie objetivo en las capturas, se cubrieron las diferentes

categorías comerciales presentes en las capturas por medio de un muestreo aleatorio estratificado. En estos muestreos los individuos fueron medidos en su longitud cefalotorácica (Lc), medida desde la parte posterior de la órbita izquierda hasta el centro del borde posterior del caparazón al milímetro inferior, anotándose el peso del conjunto de los individuos muestreados de cada categoría comercial, separadamente para cada sexo; seguidamente se realizaba la extrapolación del número de individuos por clase de talla presentes en la muestra, al total de la categoría comercial de la embarcación, multiplicando por el factor de ponderación. Este factor de ponderación es el resultado de dividir el peso de la categoría comercial entre el peso de los ejemplares muestreados en esa categoría. Cada muestreo se realizó sobre las capturas obtenidas por las embarcaciones cada salida, realizándose las consiguientes expansiones del número de individuos de la muestra, por clase de talla, sexo y categoría comercial, al total de la captura de cada embarcación. Finalmente se han realizado test “t” de comparación de medias muestrales entre las tallas obtenidas en las distintas zonas prospectadas, normalizadas por una transformación logarítmica (Ln), al objeto de detectar diferencias entre zonas.

Para los muestreos realizados en lonja, sobre capturas desembarcadas por la flota, se procedió de manera análoga a los realizados a bordo de las embarcaciones, obteniéndose el extrapolado de las capturas de la embarcación. Seguidamente y con los datos recopilados para cada puerto, del peso total desembarcado por categoría comercial durante el mes, se realizaban las expansiones del número de individuos por clase de talla de la embarcación muestreada al total de individuos desembarcados por clase de talla y sexo, de cada categoría comercial en el mes de muestreo, aplicando el factor de extrapolación correspondiente; finalmente se sumaban las distribuciones de talla así obtenidas, dando una única distribución de individuos por clase de talla y sexo, para cada mes y cada puerto. A

partir de estas frecuencias de talla ponderadas, se ha obtenido una única distribución anual a partir del consolidado de las frecuencias mensuales.

Sobre estas distribuciones anuales, y una vez comprobada su normalidad, se han realizado comparaciones entre las distintas zonas y los distintos años de muestreo, para cada sexo separadamente, aplicando el porcentaje de similitud entre muestras (PS) (Gooddall, 1978), siendo:

$$PS = 1 - \frac{\sum |x-y|}{\sum(x+y)}$$

alcanzando el valor de 1 cuando las distribuciones son iguales y 0 cuando son diferentes. Asimismo se han validado estadísticamente las similitudes, realizando un test de Kolmogorov-Smirnov (K-S test) (Press *et al*, 1988) comprobando la significación de las similitudes entre muestras al 95 % ( $p < 0.05$ ).

#### 4.2.3. Resultados

En el caso de los muestreos a bordo, las tallas muestrales de *A. antennatus* encontradas oscilaron entre los 15.0 mm de Lc como valor mínimo a los 65.0 mm de Lc como valor máximo, resultando muy similares a las descritas por García-Rodríguez y Esteban (1998, 2001) aunque las tallas medias de las hembras han resultado ligeramente superiores (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.- Resumen de los resultados de las muestras de tallas de *A. antennatus* obtenidos a bordo de embarcaciones en embarques realizados en las distintas zonas.**

	Alicante	Ibiza	Vera
Nº Individuos muestreados	1 834	3 501	4 920
Talla media (Lc mm)	30,15	27,89	36,82
T.M. Machos (Lc mm)	23,83	21,1	24,2
T.M. Hembras (Lc mm)	31,79	30,05	38,25

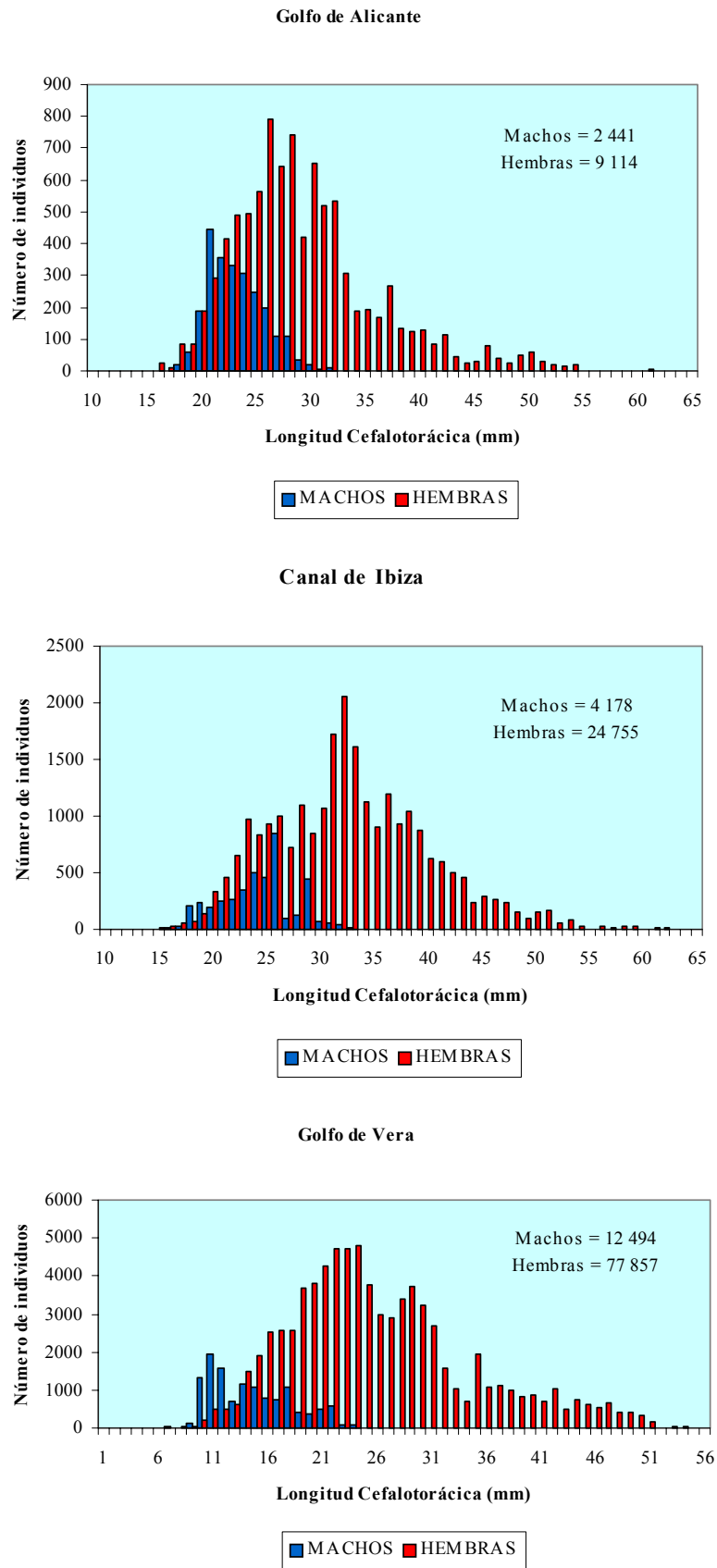
Estos valores de tallas (Tabla 4.1) hacen referencia a las tallas muestrales; una vez realizadas las consiguientes expansiones al total de la captura por categoría comercial, vemos que las tallas medias de las capturas totales son similares en los caladeros del Golfo de Alicante y del Canal de Ibiza, resultando las encontradas en el Golfo de Vera, ligeramente superiores (Tabla 4.2).

**Tabla 4.2.- Resumen de los resultados de la composición de tallas de las capturas totales de *A. antennatus* obtenidas en los embarques en las distintas zonas.**

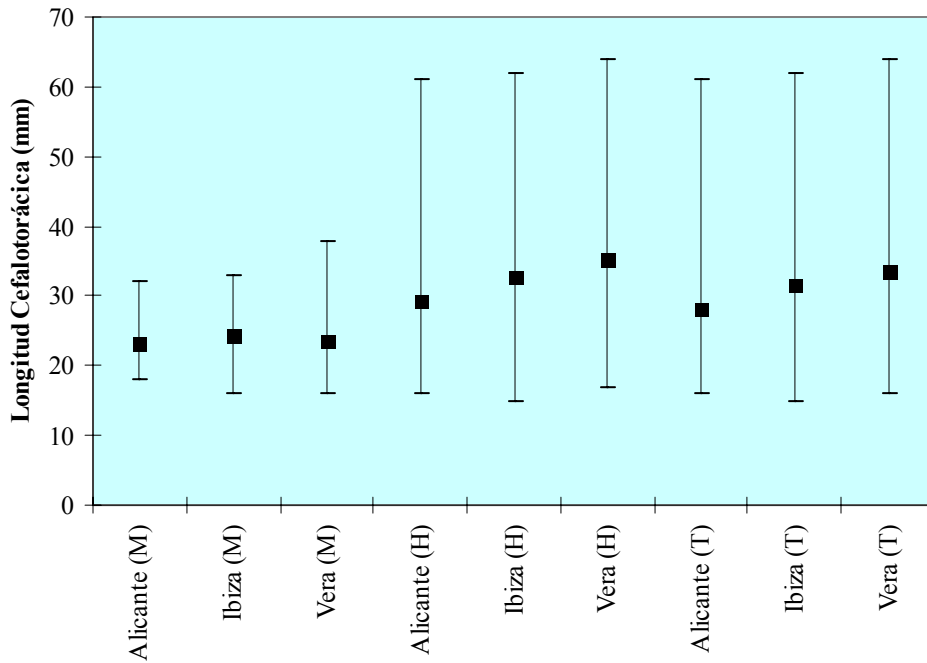
	Alicante			Ibiza			Vera		
	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total	Machos	Hembras	Total
Individuos capturados	2 441	9 114	11 555	4 178	24 755	28 931	12 494	77 857	90351
Talla Maxima Lc (mm)	32	61	61	33	62	62	38	64	64
Talla Mínima Lc (mm)	18	16	16	16	15	15	16	17	16
Talla Media Lc (mm)	23,3	29,4	28,1	24,3	32,6	31,4	23,6	35,2	33,6

En el caso de los machos las diferencias en los valores hallados son mínimas entre zonas, mientras que en el caso de las hembras se observa un incremento de las tallas medias desde la zona del Golfo de Alicante, aumentando ligeramente en el Canal de Ibiza y alcanzando sus máximos valores en el Golfo de Vera, de forma similar a lo observado con las tallas para ambos sexos consideradas conjuntamente (Fig. 4.1).





**Figura 4.1.- Estructura de tallas por sexo de las capturas de *A. antennatus* en las distintas zonas prospectadas observadas en embarques.**



**Figura 4.2.- Representación de los valores máximos, mínimos y medios de longitud de cefalotorax encontrados por muestreo en embarques para *A. antennatus*, para cada sexo y zona. (M= machos, H= hembras y T= total M+H).**

Las distribuciones de tallas de las capturas obtenidas en los diferentes Zonas (Fig. 4.2) muestran diferencias entre sí, tanto en los rangos como en las medias; estas diferencias son patentes en los resultados del test “t” de las medias muestrales, normalizadas por una transformación logarítmica (ln), ya que los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas en todos los casos estudiados, rechazándose la hipótesis nula, excepto en el caso de la comparación entre las tallas de los machos encontrados en el Golfo de Alicante con los del Golfo de Vera, que muestra un valor de p elevado ( $p \gg 0.05$ ) por lo que se considera no significativo (Tabla 4.3).

**Tabla 4.3- Resultados del test t de comparación de medias muestrales (ln Lc mm) entre las distintas zonas de las tallas de machos y hembras de *A. antennatus* obtenidas en embarques.**

<b>Machos</b>			
Zona	n	Media	SD
Alicante	379	3.166	0.102
Ibiza	180	3.041	0.126
Vera	500	3.173	0.160

Variable 1	Variable2	G.L.	t	p	I.C.
Alicante	Ibiza	557	11.581	0.000	0.104 a 0.146
Ibiza	Vera	678	11.221	0.000	-0.156 a -0.109
Alicante	Vera	877	0.885	0.376	-0.025 a 0.010

<b>Hembras</b>			
Zona	n	Media	SD
Alicante	1468	3.430	0.240
Ibiza	565	3.374	0.238
Vera	4440	3.614	0.243

Variable 1	Variable2	G.L.	t	p	I.C.
Alicante	Ibiza	2031	4.741	0.000	0.33 a 0.079
Ibiza	Vera	4983	22.543	0.000	-0.261 a -0.220
Alicante	Vera	5886	25.400	0.000	-0.199 a -0.170

Para el conjunto de los muestreos mensuales realizados en puerto, como seguimiento de los desembarcos de las distintas flotas a lo largo de los años de muestreo, las tallas variaron de una mínima de 10 mm de longitud cefalotorácica (Lc) a una máxima de 66,2 mm de Lc; por sexos la talla mínima y la máxima correspondieron a hembras. El resumen de las principales características de los muestreos por zonas se presenta en las Tablas 4.4 y 4.5.

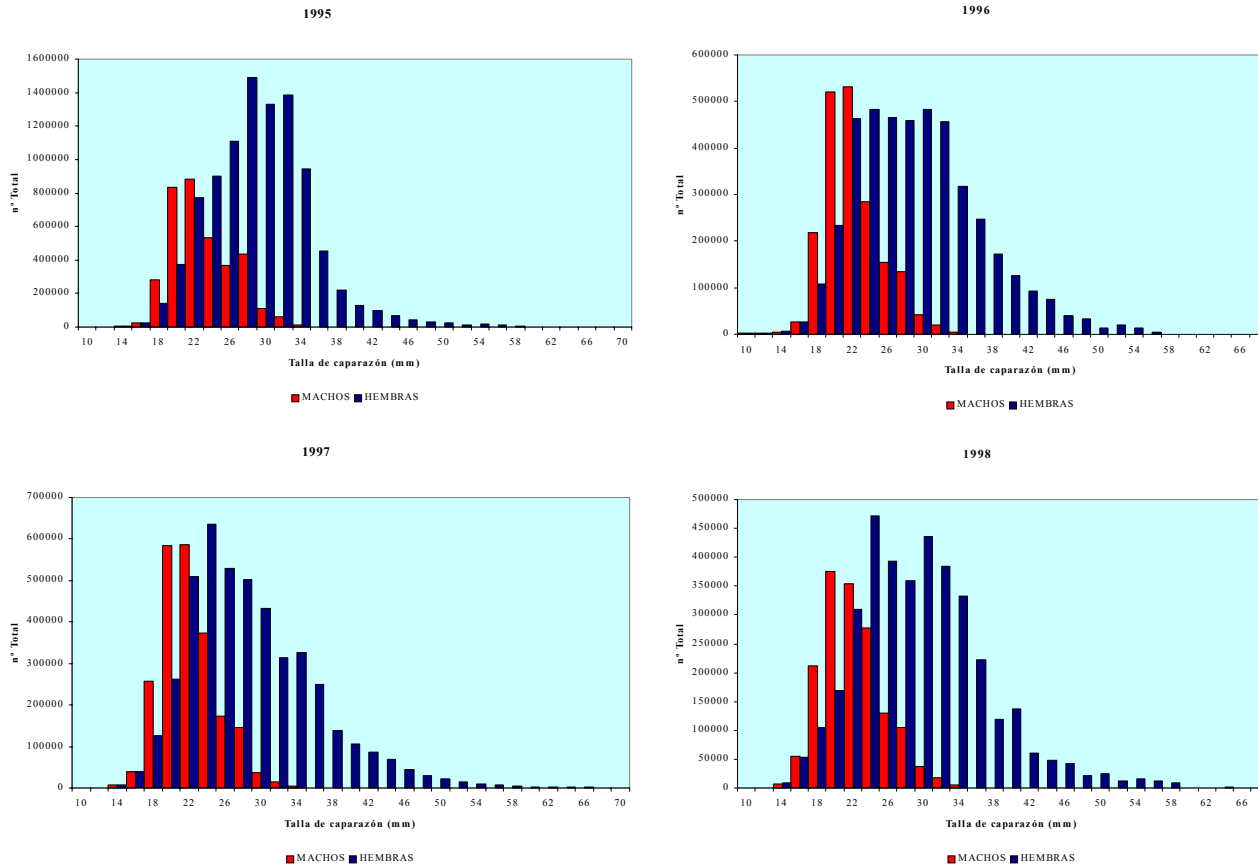
**Tabla 4.4.- Resumen del muestreo de tallas realizado mensualmente sobre las flotas de cada zona, con el número anual de ejemplares medidos.**

<b>Año</b>	<b>Golfo Alicante</b>	<b>Canal de Ibiza</b>	<b>Golfo de Vera</b>
1992	-	2 549	2 493
1993	-	2 356	2 513
1994	-	3 708	1 753
1995	4 043	-	-
1996	4 142	-	-
1997	3 734	-	-
1998	3 764	-	-
<b>Total</b>	<b>15 683</b>	<b>8 613</b>	<b>6 759</b>

**Tabla 4.5.- Resumen de las principales características de las tallas encontradas de *A. antennatus*, por zona y sexo.**

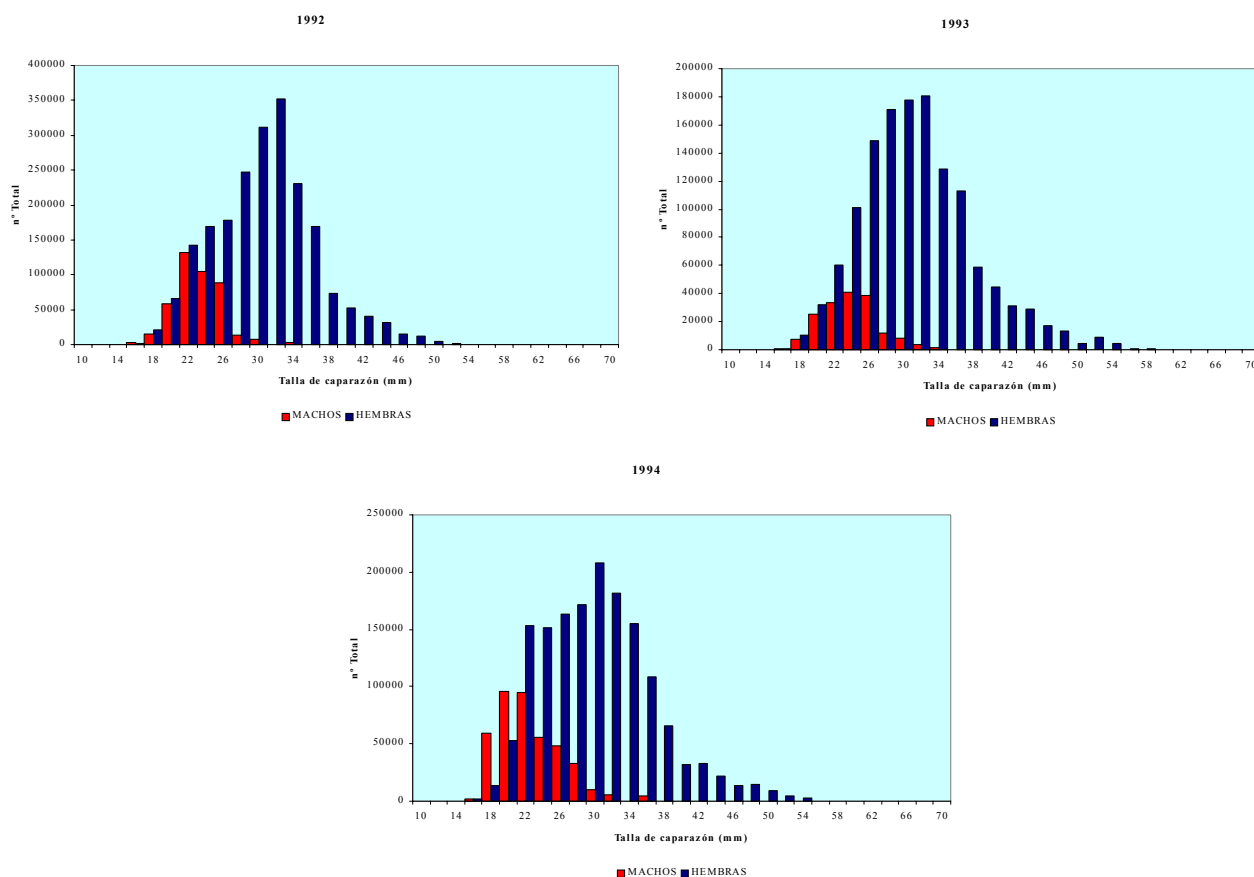
	<b>Machos</b>			<b>Hembras</b>		
	<b>Lc (mm)</b>			<b>Lc (mm)</b>		
	Minima	Máxima	Media	Minima	Máxima	Media
Golfo de Alicante	14,6	35,6	22,8	10,0	66,2	29,3
Canal de Ibiza	15,0	37,0	24,1	15,0	59,0	31,2
Golfo de Vera	17,0	38,0	25,8	15,0	62,0	32,4

El rango más amplio de tallas correspondió al Golfo de Alicante, donde se registraron las tallas mínimas así como las máximas de todo el periodo, excepto en los machos, cuya máxima es la mas baja de las tres zonas (Fig. 4.3); por el contrario esta zona exhibe las tallas medias más bajas, tanto para machos como para hembras. En esta zona los machos representaron, a lo largo de todo el periodo, un 30 % del número total de individuos capturados, correspondiendo el 70 % restante a las hembras. Tanto la proporción de individuos por sexos, como los diferentes rangos cubiertos por cada uno muestra un claro dimorfismo de tallas, resultando las hembras de mayor talla media y máxima.



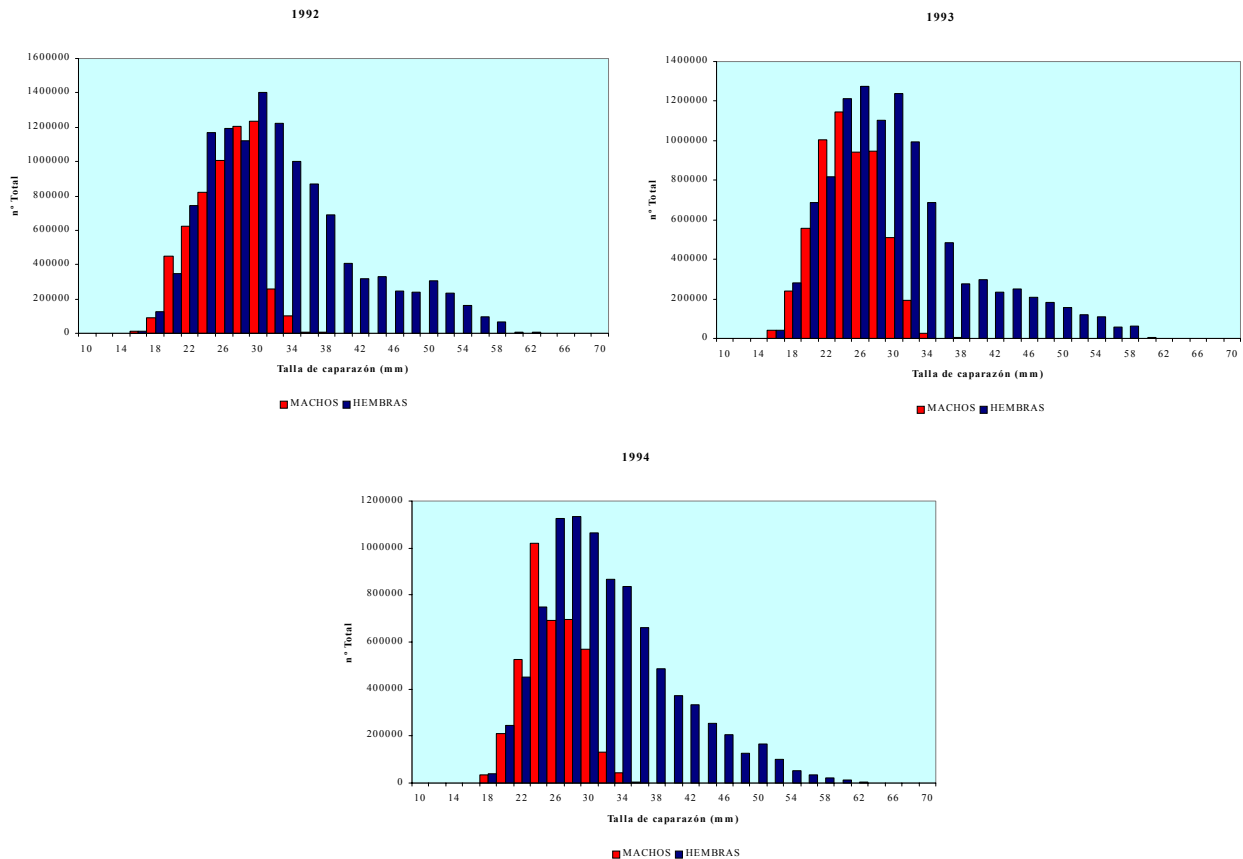
**Figura 4.3.- Distribución anual de las capturas totales por clase de talla y sexo de los individuos de *A. antennatus* desembarcados en el puerto de Santa Pola procedentes del Golfo de Alicante.**

Los rangos de tallas encontrados en el Canal de Ibiza (Fig. 4.4) resultan ligeramente inferiores a las del Golfo de Alicante, exceptuando la talla máxima de los machos; sin embargo las tallas medias resultan, para ambos sexos, ligeramente superiores en la zona del Canal. Las hembras tienen en conjunto una mayor contribución numérica en las capturas ya que los machos representaron sólo un 17 % del total de individuos capturados, correspondiendo a las hembras el 83 % restante de las capturas; en este caso el dimorfismo de tallas es también patente.



**Figura 4.4 .- Distribución anual de las capturas totales por clase de talla y sexo de los individuos de *A. antennatus* desembarcados en el puerto de Santa Pola procedentes del Canal de Ibiza.**

En el caso del Golfo de Vera (Fig. 4.5), los rangos de talla también muestran un desplazamiento frente a las otras dos zonas, resultando más grandes tanto las mínimas como las máximas, excepción hecha de la máxima de las hembras en el Golfo de Alicante; las tallas medias también resultan superiores en conjunto a las dos zonas anteriores. En este caso parece existir una mayor compensación del número de machos y de hembras ya que los machos representaron un 33 % del total de individuos capturados, frente al 67 % restante de hembras. Las distribuciones de tallas anuales de las distintas zonas y años para cada sexo han mostrado algunas diferencias significativas en los resultados de los test a lo largo del periodo de estudio



**Figura 4.5.- Distribución anual de las capturas totales por clase de talla y sexo de los individuos de *A. antennatus* desembarcados en el puerto de Garrucha procedentes del Golfo de Vera.**

En el caso de los machos (Tabla 4.6), los valores del porcentaje de similitud entre muestras varió entre 0.006 y 0.98. Los valores más altos se observan entre las distintas muestras anuales para cada zona, detectándose diferencias entre las muestras procedentes del Canal de Ibiza y, fundamentalmente, con las obtenidas en el Golfo de Vera, resultando significativamente diferentes en la mayor parte de los casos.

Las hembras (Tabla 4.7), muestran valores del PS comprendidos entre 0.20 y 0.99, mostrando la misma tendencia que en el caso de los machos, esto es elevados valores entre los distintos años para cada zona y diferencias significativas entre las distribuciones obtenidas en el Canal de Ibiza y las del Golfo de Vera (Fig. 4.6).

Las distribuciones de talla, tanto de machos como de hembras, obtenidas en el Golfo de Alicante en 1995 muestran una gran similitud con las del Golfo de Vera.

Tabla 4.6.- Resultados de las comparaciones entre las distribuciones anuales de talla de los machos de *A. antennatus*: A) Valores de los índices de similaridad, destacando los valores < 0.5; B) Valores del estadístico D del test Kolmogorov-Smirnov, destacando los valores elevados y C) Niveles de significación de D ( $p < 0.05$ ) destacando los valores significativos.

A) Similaridad										
	AL95	AL96	AL97	AL98	IB92	IB93	IB94	VE92	VE93	VE94
AL95	1									
AL96	0.71	1								
AL97	0.77	0.93	1							
AL98	0.61	0.90	0.83	1						
IB92	<b>0.21</b>	<b>0.36</b>	0.55	<b>0.42</b>	1					
IB93	<b>0.09</b>	<b>0.16</b>	0.57	<b>0.20</b>	0.98	1				
IB94	<b>0.21</b>	<b>0.35</b>	<b>0.31</b>	<b>0.41</b>	0.80	0.59	1			
VE92	0.76	0.50	0.55	<b>0.43</b>	<b>0.14</b>	<b>0.06</b>	<b>0.13</b>	1		
VE93	0.78	0.51	0.57	<b>0.44</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.14</b>	0.98	1	
VE94	0.95	0.66	0.72	0.57	<b>0.13</b>	<b>0.08</b>	<b>0.19</b>	0.80	0.82	1

B) Valores de D										
	A195	A196	A197	A198	Ib92	Ib93	Ib94	Ve92	Ve93	Ve94
A195	0									
A196	0.200	0								
A197	0.200	0.133	0							
A198	0.267	0.133	0.133	0						
Ib92	0.400	0.400	0.400	0.333	0					
Ib93	<b>0.533</b>	0.467	0.467	0.467	0.267	0				
Ib94	0.467	0.400	0.400	0.400	0.133	0.333	0			
Ve92	0.200	0.333	0.333	0.400	0.467	<b>0.600</b>	<b>0.533</b>	0		
Ve93	0.267	0.333	0.267	0.400	<b>0.533</b>	<b>0.533</b>	<b>0.533</b>	0.133	0	
Ve94	0.200	0.267	0.200	0.333	0.400	<b>0.533</b>	0.467	0.200	0.200	0

C) Significación										
	A195	A196	A197	A198	Ib92	Ib93	Ib94	Ve92	Ve93	Ve94
A195	1									
A196	0.894	1								
A197	0.894	0.998	1							
A198	0.611	0.998	0.998	1						
Ib92	0.160	0.160	0.160	0.341	1					
Ib93	<b>0.022</b>	0.065	0.065	0.065	0.611	1				
Ib94	0.065	0.160	0.160	0.160	0.998	0.341	1			
Ve92	0.894	0.341	0.341	0.160	0.065	<b>0.006</b>	<b>0.022</b>	1		
Ve93	0.611	0.341	0.611	0.160	<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	<b>0.022</b>	0.998	1	
Ve94	0.894	0.611	0.894	0.341	0.160	<b>0.022</b>	0.065	0.894	0.894	1



**Tabla 4.7.- Resultados de las comparaciones entre las distribuciones anuales de talla de las hembras de *A. antennatus*: A) Valores de los índices de similitud, destacando los valores < 0.5; B) Valores del estadístico D del test Kolmogorov-Smirnov, destacando los valores elevados y C) Niveles de significación de D ( $p < 0.05$ ) destacando los valores significativos.**

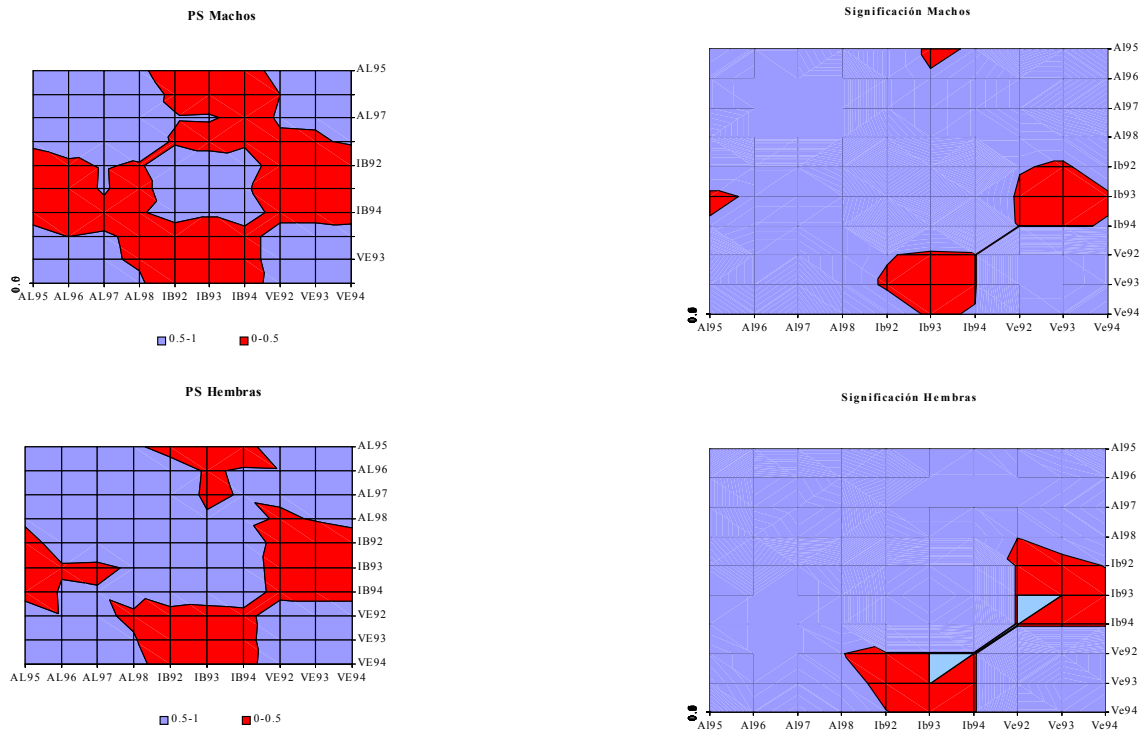
A) Similitud										
	AL95	AL96	AL97	AL98	IB92	IB93	IB94	VE92	VE93	VE94
AL95	1									
AL96	0.62	1								
AL97	0.64	0.98	1							
AL98	0.56	0.93	0.91	1						
IB92	<b>0.36</b>	0.66	0.64	0.72	1					
IB93	<b>0.24</b>	0.47	0.46	0.53	0.77	1				
IB94	<b>0.28</b>	0.53	0.52	0.59	0.85	0.92	1			
VE92	0.88	0.52	0.53	0.47	<b>0.29</b>	<b>0.20</b>	<b>0.22</b>	1		
VE93	0.94	0.57	0.59	0.52	<b>0.33</b>	<b>0.22</b>	<b>0.25</b>	0.93	1	
VE94	0.99	0.63	0.65	0.57	<b>0.37</b>	<b>0.25</b>	<b>0.29</b>	0.86	0.93	1

B) Valores de D										
	Al95	Al96	Al97	Al98	Ib92	Ib93	Ib94	Ve92	Ve93	Ve94
Al95	0									
Al96	0.241	0								
Al97	0.241	0.138	0							
Al98	0.241	0.172	0.138	0						
Ib92	0.310	0.207	0.310	0.241	0					
Ib93	0.345	0.310	0.310	0.276	0.138	0				
Ib94	0.345	0.310	0.310	0.276	0.138	0.138	0			
Ve92	0.276	0.310	0.310	0.345	0.483	<b>0.586</b>	<b>0.586</b>	0		
Ve93	0.241	0.310	0.276	0.310	0.414	<b>0.552</b>	<b>0.517</b>	0.172	0	
Ve94	0.172	0.276	0.241	0.276	0.345	0.483	0.448	0.138	0.138	0

C) Significación										
	Al95	Al96	Al97	Al98	Ib92	Ib93	Ib94	Ve92	Ve93	Ve94
Al95	1									
Al96	0.333	1								
Al97	0.333	0.920	1							
Al98	0.333	0.738	0.920	1						
Ib92	0.107	0.521	0.107	0.333	1					
Ib93	0.054	0.107	0.107	0.196	0.920	1				
Ib94	0.054	0.107	0.107	0.196	0.920	0.92	1			
Ve92	0.196	0.107	0.107	0.054	<b>0.002</b>	<b>0.00</b>	<b>0.000</b>	1		
Ve93	0.333	0.107	0.196	0.107	<b>0.011</b>	<b>0.00</b>	<b>0.001</b>	0.738	1	
Ve94	0.738	0.196	0.333	0.196	0.054	<b>0.002</b>	<b>0.004</b>	0.920	0.920	1



**Figura 4.6.-** Representación de los valores menores de 50 % del Porcentaje de Similitud entre muestras de machos y hembras de *A. antennatus* (izquierda) así como la significatividad al 95 % según las diferentes zonas y años de muestreo (derecha).

La contribución de los individuos menores de 20 mm de longitud cefalotorácica al total de la captura mensual, a lo largo de los meses y en las distintas zonas, no muestra (Anexo, Figs.1-10) un claro patrón, aunque se identifican mayores contribuciones desde enero a abril en la zona del Golfo de Alicante.

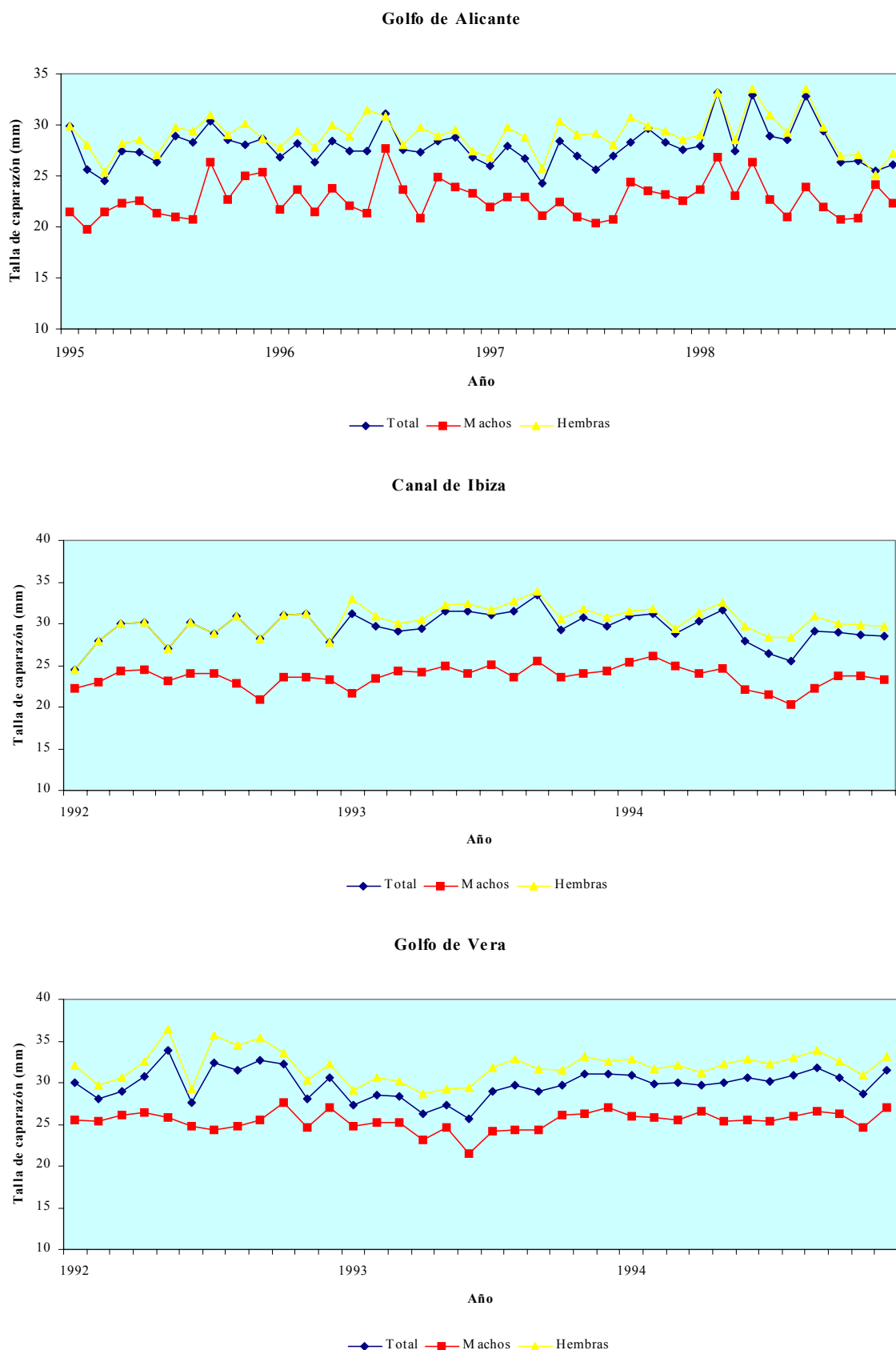
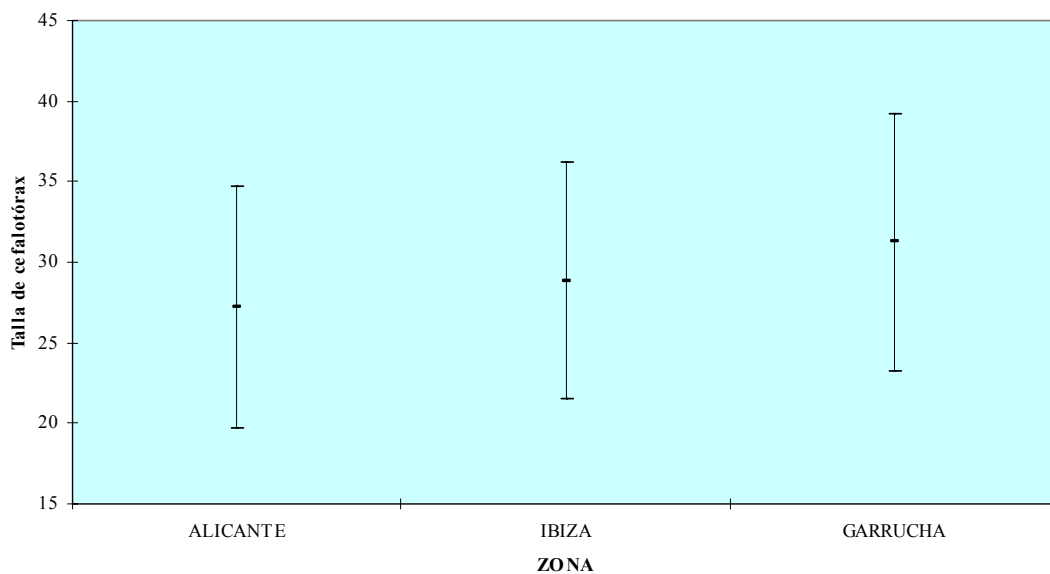


Figura 4.7.- Evolución de las tallas medias mensuales de las capturas desembarcadas en los puertos controlados para cada zona, por sexos y para el total de individuos.

La evolución temporal de las tallas medias de las capturas, no muestra con claridad una tendencia (Fig. 4.7); sin embargo, en el caso de las capturas realizadas en el Golfo de Alicante se observa una tendencia al incremento de las tallas medias hacia el verano (junio-agosto); por el contrario esta tendencia parece ser la inversa en las otras dos zonas, fundamentalmente en el Golfo de Vera, donde se observa una disminución de las tallas medias precisamente en esos meses.



**Figura 4.8.- Comparación de las tallas medias para el conjunto de individuos de *A. antennatus* y sus rangos de variación obtenidos en los muestreos para cada zona estudiada.**

Las tallas de los muestreos realizados en cada zona muestran diferencias tanto en sus rangos de distribución como en los valores medias encontrados (Fig. 4.8): Los resultados de los test “t” de comparación entre medias muestrales, normalizadas por una transformación logarítmica (ln), realizados sobre el total de los individuos muestreados en cada zona para cada sexo, demuestran que existen diferencias significativas entre las medias de las poblaciones de las tres zonas consideradas (Tabla 4.8) ya que se rechaza la hipótesis nula en todos los casos.

**Tabla 4.8.- Resultados del test t de comparación de medias muestrales (ln (Lc, mm) entre las distintas zonas de las tallas de machos y hembras de *A. Antennatus*.**

<b>Machos</b>					
Zona	n	Media	SD		
Alicante	1332	3.108	0.132		
Ibiza	1906	3.136	0.124		
Vera	2245	3.260	0.147		
Variable 1	Variable2	G.L.	t	p	I.C.
Alicante	Ibiza	3236	6.163	0.000	-0.037 a -0.019
Ibiza	Vera	4149	29.524	0.000	-0.133 a -0.116
Alicante	Vera	3575	31.962	0.000	-0.162 a 0.143
<b>Hembras</b>					
Zona	n	Media	SD		
Alicante	2400	3.360	0.255		
Ibiza	5607	3.400	0.231		
Vera	4132	3.481	0.242		
Variable 1	Variable2	G.L.	t	p	I.C.
Alicante	Ibiza	8005	6.623	0.000	de -0.052 a -0.028
Ibiza	Vera	9737	16.822	0.000	de -0.091 a -0.072
Alicante	Vera	6530	18.968	0.000	de -0.135 a -0.109

### **4.3. Crecimiento**

#### ***4.3.1. Introducción***

Una de las características de los organismos vivos es su capacidad de aumentar de tamaño, desde la época de “nacimientto” hasta un momento dado en que este fenómeno se ralentiza, hasta detenerse e incluso, en algunos casos, decrecer ligeramente antes de la muerte del organismo por senectud. En los animales este fenómeno suele ser muy acentuado mostrando, la mayor parte de las veces, diferencias en la tasa de crecimiento a partir del momento en que comienza la diferenciación sexual.

Uno de los primeros pasos consistirá en encontrar unas relaciones matemáticas que relacionen y expresen estos fenómenos, permitiéndonos así establecer predicciones, modelizando estas supuestas regularidades.

A nivel morfométrico podemos distinguir una relación entre alguna variable longitudinal del individuo, generalmente la talla o longitud del mismo, y el volumen del mismo, generalmente expresado como masa, y que varían uno con relación al otro, denominándose a este tipo de relación *Crecimiento Relativo*. Este tipo de crecimiento es el que en un objeto esférico tendría un valor cercano a 3, ya que mientras el diámetro aumenta linealmente, la superficie lo hace en función de una potencia de 2, y el volumen lo hará en función de una potencia de 3. Un crecimiento que se ajuste a estas proporciones es considerado un crecimiento isométrico, mientras que una diferencia significativa en estas proporciones nos lleva a considerar ese tipo de crecimiento como alométrico.

Otro tipo de crecimiento es el que se lleva a cabo a lo largo del tiempo, conocido como *Crecimiento Absoluto*; en este tipo de crecimiento el individuo va aumentando su tamaño, tanto longitudinal como másico, a lo largo de su periodo vital, ralentizándose a partir de un momento dado. En este caso el mejor ajuste se suele obtener por medio de

una relación exponencial, ya que el crecimiento lo es al menos en las primeras fases, hasta alcanzar un punto en que este crecimiento se hace asintótico, no mostrando apenas variaciones a lo largo del tiempo.

La aplicación de relaciones ajustadas a una hipotética realidad resulta, en este caso, necesaria ya que las variaciones en biomasa de los individuos resultan en notables incrementos de biomasa, cuando consideramos al individuo como integrante de una población sometida a explotación por el hombre.

#### **4.3.2. Material y Métodos**

En el apartado de la relación Talla-Edad (*Crecimiento Absoluto*) se ha recurrido al estudio secuencial de las frecuencias de talla (Método de Petersen), lo que permite detectar variaciones de crecimiento en el tiempo, expresándolas con una función que corresponde a una curva de tipo asintótico. En este caso se ha optado por el Modelo de Crecimiento de Von Bertalanffy (VBGF) cuya expresión es:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

siendo  $L_\infty$  la talla máxima teórica,  $L_t$  la talla a la edad  $t$ ,  $K$  el factor de crecimiento y  $t_0$  la edad a la que la talla es 0.

Para la estimación de los parámetros de ésta expresión,  $L_\infty$ ,  $K$  y  $T_0$ , se ha recurrido a la aplicación del programa de cálculo automático FISAT (Gayanilo *et al.*, 1994). Primeramente se procedió a la confección de los ficheros a partir de los datos de muestreo de tallas obtenidos en el Apartado anterior, en los que se agrupó en clases de talla de 2 mm el número total de individuos capturados por mes, separándolos por sexo. Sobre estos ficheros de talla mensuales, se procedió a realizar la estimación de la "mejor combinación" seleccionando los valores más elevados de  $R_n$  o coeficiente de bondad (mejor ajuste entre parámetros), de los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy.

Para ello se ha realizando previamente un “suavizado” de las distribuciones sobre 3 clases consecutivas, tanto para cada periodo anual, como para todo el periodo de muestreo en conjunto, para cada sexo y zona independientemente; asimismo se procedió a la descomposición de los histogramas de frecuencias en componentes normales por el Método de Bhattacharya (Programa FISAT), sobre los histogramas de talla de los mismos ficheros, tomando la talla de la primera componente modal identificada como valor de referencia ( $t_1$ ) para el ajuste del parámetro  $t_0$  en la expresión de Von Bertalanffy. Además se realizó un test phi ( $\phi'$ ) de Munro (Munro y Pauly, 1983), o Índice de Rendimiento del Crecimiento, que refleja el efecto conjunto de los parámetros  $K$  y  $L_\infty$ , o bien de  $K$  y  $W_\infty$  en el caso del test que considera el peso asintótico ( $\phi$ ). En nuestro caso se ha empleado la talla asintótica transformada a talla total en cm, siendo la relación:

$$\phi' = \log K + 2 * \log L_\infty.$$

Por otra parte, y para obtener los datos de base para el estudio del crecimiento relativo (relación talla-peso), estado de la muda, así como para el estudio de la Reproducción, se realizaron una serie de muestreos específicos, independientes de los realizados para la determinación de la estructura de tallas; este muestreo es denominado biológico y resulta más intensivo que el de tallas. Estos muestreos tuvieron una periodicidad mensual, a lo largo de varios años (Tabla 4.9) sobre un total de 22 013 ejemplares.

En el muestreo biológico se procedió de similar manera que en el de tallas, en cuanto a la recogida de la muestra (por categorías comerciales) y sus datos de interés, muestreándose un kilogramo de cada categoría comercial. En estos muestreos se midió en cada ejemplar la longitud cefalotorácica ( $L_c$ ), a la décima de milímetro, tomando el peso individual, con precisión de décima de gramo, anotando el sexo, el índice de madurez sexual y la presencia de espermatóforo en las hembras, así como, en el caso de los muestreos de individuos del Golfo de Alicante, el grado de dureza del caparazón. En los muestreos



realizados durante la primavera y verano de se consideró además, en las hembras, el peso gonadal a la milésima de gramo.

Tabla 4.9.- Resumen del muestreo biológico realizado en cada zona, con el número anual de ejemplares medidos.

Año	Golfo Alicante	Canal de Ibiza	Golfo de Vera
1992	-	2 725	3 026
1993	-	2 542	3 344
1994	-	2 967	2 347
1995	-	-	-
1996	-	-	-
1997	5 062	-	-
1998	-	-	-
Total	5 062	8 234	8 717

A partir de los ficheros confeccionados con los resultados de los muestreos biológicos se han determinado las relaciones entre los distintos parámetros considerados.

El *Crecimiento Relativo* se ha expresado por la relación existente entre la Longitud cefalotorácica (Lc) y el Peso total (W), ajustándose a una relación potencial de la forma:

$$W = a * Lc^b$$

donde W es el peso en gramos, Lc es la longitud cefalotorácica en milímetros, a y b son parámetros que deben ser estimados, siendo a la ordenada en el origen y b la pendiente o coeficiente de alometría; estas estimaciones se han determinado para las relaciones de los machos y hembras separadamente, a partir de los datos recogidos en los muestreos biológicos, realizándose un test “s” de significación (Sokal y Rohlt, 1969) sobre el valor obtenido de b, al objeto de determinar si era o no significativamente distinto del valor isométrico teórico de 3, comparándose el valor obtenido en la expresión:

$$s = 3 - b / \text{error } b$$

en una "t" de Student y consignando el nivel de significación para las distintas probabilidades, siendo = \*\*\*<0.001, \*\*<0.01, \*<0.05 y no significativo (NS<0.1). Otro

de los objetivos ha sido el detectar diferencias de crecimiento relativo bajo la influencia de diferentes factores (sexos, zonas, años, meses) y establecer comparaciones entre ellas; para ello se han realizado una serie de análisis de la covarianza (ANCOVA). Este análisis consiste en dos test: Un test para las pendientes y un test para las medias ajustadas. El primero fue aplicado para detectar que pendientes de las regresiones resultaban diferentes entre sí bajo la influencia de los distintos factores considerados, mientras que el segundo se aplicó, por medio de mínimos cuadrados, fundamentalmente para verificar los resultados obtenidos en el primero. El modelo seleccionado para el test de las pendientes fue:

$$Y = \text{Constante} + A + X + (A * X) + \varepsilon$$

siendo Y la variable dependiente, X la covariable, A el factor elegido y  $\varepsilon$  el término de error.

Si el factor tiene un efecto positivo, entonces se rechaza la hipótesis nula (los factores no tienen influencia en las regresiones). El segundo test analiza si las diferencias entre las medias ajustadas de cada grupo de medidas para cada factor ( $Y_1 = a + bX_1$ ) son significativas o no, validando los casos en los cuales la hipótesis nula no fue rechazada en el primer análisis. Estos análisis fueron realizados utilizando el programa de análisis estadístico SYSTAT 8.0.

El estado de la muda fue evaluado en cada ejemplar en función de la consistencia y dureza del caparazón, agrupando a los individuos en dos categorías: *Postmuda* aquellos individuos que han mudado recientemente y tienen el caparazón todavía blando o escasamente rígido y *Premuda*, aquellos que hace tiempo que han mudado y que su caparazón es rígido y duro, de una forma similar al criterio seguido por Anderson *et al* (1985) en su estudio de la muda de *Sicyonia ingentis* (Penaeoidea). Los criterios de clasificación macroscópica aplicados corresponderían con los estadios A y B de

postecdisis (Anderson *et al*, 1985; Demestre, 1990) en el caso de los ejemplares de caparazón blando, agrupándose los restantes estadios, (C-D<sub>4</sub>) de Demestre (1990), en el grupo de los ejemplares de caparazón duro.

Por otra parte se ha realizado una comparación entre la composición de las tallas de las muestras de cada zona, en base a los resultados obtenidos tras la realización de distintos test “t” para valorar la existencia de diferencias entre las composiciones de las tallas de cada zona.

### 4.3.3. Resultados

#### 4.3.3.1. Crecimiento relativo

Los resultados obtenidos en las diferentes relaciones Talla-Peso de los parámetros biométricos de la gamba realizadas en este trabajo para los diferentes grupos (machos, hembras y total) (Tab. 4.10) y los encontrados en las distintas zonas se exponen en la Tabla 4.11, resultando los valores de los coeficientes de alometría menores y próximos a 3, pero significativamente distintos de este valor, lo que evidencia una alometría negativa entre los parámetros considerados.

**Tabla 4.10- Parámetros de crecimiento relativo (relación talla-peso:  $\text{Peso (g)} = a * \text{Talla (Lc mm)}^b$ ) calculados para, el total de machos y las hembras. de *Aristeus antennatus* nivel de signif.= \*\*\*<0.001, \*\*<0.01, \*<0.05 y NS<0.1 en una "t" de Student.**

Grupo	a	b	err.b	sign.	r2	n
Machos	0.0026005	2.4667828	0.009071	***	0.934	5 483
Hembras	0.0023122	2.5027232	0.003893	***	0.971	12 574
Total	0.0023665	2.4960691	0.003172	***	0.972	18 063

**Tabla 4.11.- Parámetros de crecimiento relativo (relación talla-peso:  $\text{Peso (g)} = a * \text{Talla (Lc mm)}^b$ ) calculados por zonas para machos y las hembras de *Aristeus antennatus* nivel de signif.= \*\*\*<0.001, \*\*<0.01, \*<0.05 y NS<0.1 en una "t" de Student.**

Zona	Años	Grupo	a	b	err.b	signif.	r2	n
Golfo de Alicante	1995-98	machos	0.0020606	2.53225	0.02016	***	0.92	1 332
		hembras	0.0018787	2.56269	0.00654	***	0.98	3 730
Canal de Ibiza	1992-94	machos	0.003156	2.4023	0.01727	***	0.90	2 060
		hembras	0.002425	2.4836	0.00585	***	0.97	5 955
		total	0.002526	2.4720	0.00476	***	0.97	8 015
Golfo de Vera	1992-94	machos	0.005292	2.2594	0.01435	***	0.92	2 149
		hembras	0.002812	2.4587	0.00631	***	0.97	4 312
		total	0.002868	2.4511	0.00519	***	0.97	6 461

La representación gráfica de las expresiones generadas con los parámetros encontrados para cada zona y sexo se exponen en la Figura 4.9, observándose pequeñas diferencias entre ellas por sexos y para las distintas zonas.

En la Tabla 4.12 se exponen los resultados de ANCOVA, mostrando la incidencia de los factores elegidos, sexo, zona, año y mes, sobre las pendientes y medias ajustadas de las distintas regresiones Peso-Talla de *A. antennatus*; En el caso de la comparación entre pendientes se observan diferencias significativas (rechazo de la hipótesis nula) entre pendientes cuando consideramos el factor sexo y la zona de origen de las muestras; también se rechaza la hipótesis nula, aunque con valores muy bajos de f, en el caso de que consideremos el factor tiempo (año y mes del año) sin separar las zonas de origen. Si tenemos en cuenta la zona de origen, esto es dentro de cada zona, se observa que el factor año en el Golfo de Vera no influye, aceptándose la hipótesis nula tanto para machos como para hembras, con valores altos de p ( $p \gg 0.05$ ), mientras que en el Canal de Ibiza sólo las hembras muestran diferencias entre los años, aunque con un valor de f bajo; en el caso del factor mes, en todas las zonas estudiadas, muestra diferencias

significativas. Los resultados de la comparación de las medias ajustadas, muestran diferencias significativas (rechazo de la hipótesis nula) en todos los casos estudiados.

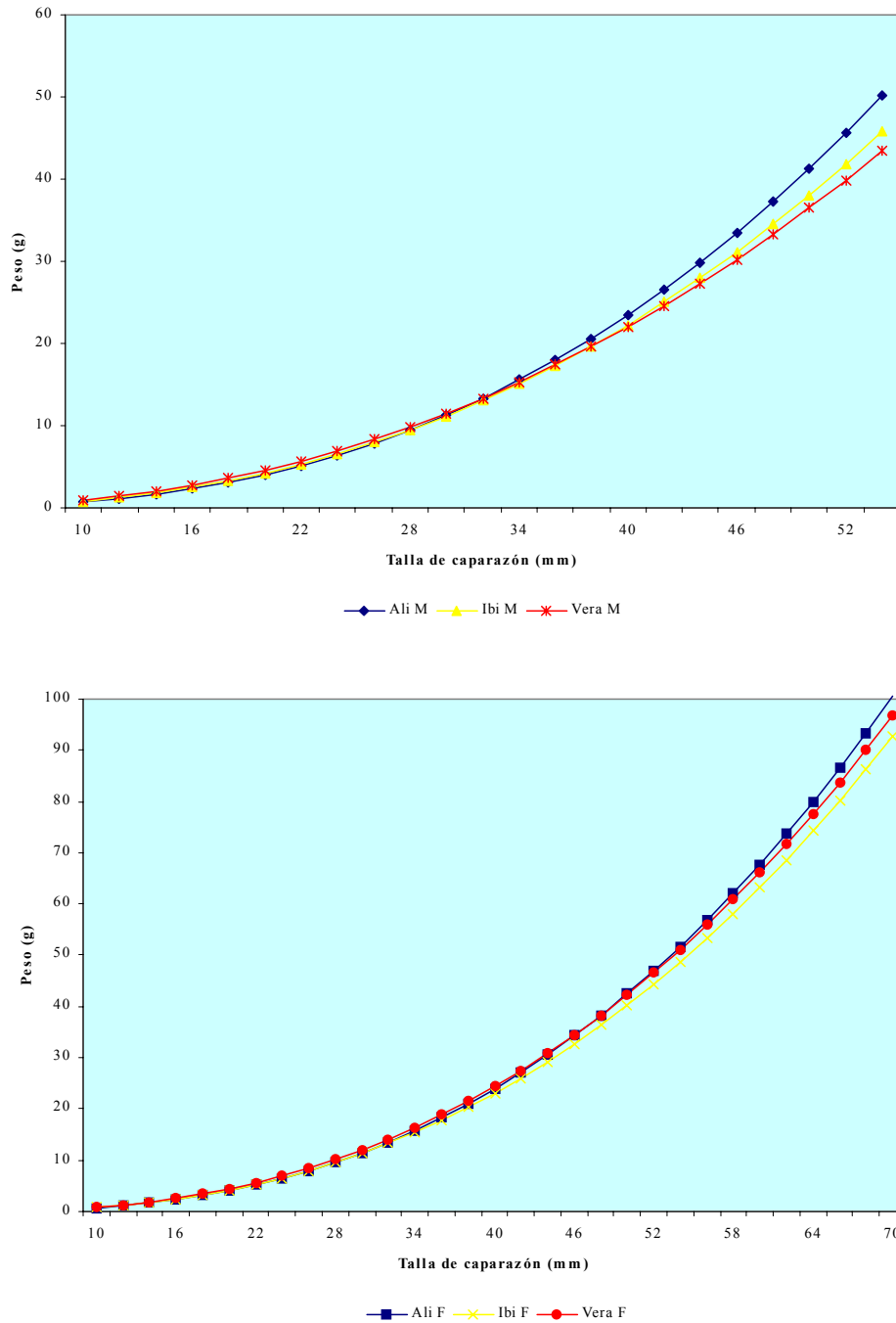


Figura 4.9.- Representación de las curvas teóricas de crecimiento relativo de *A. antennatus*, para los machos (arriba) y las hembras (abajo) para las distintas zonas estudiadas.

**Tabla 4.12.- Resultados de los análisis de covarianza (ANCOVA) realizados sobre las regresiones Peso-Talla de *A. antennatus*, siendo Peso la variable dependiente y Talla la covariante; R= rechazo de la hipótesis nula; NR= no rechazo de la hipótesis nula.**

<b>Pendientes</b>				
<b>Grupo</b>	<b>Factor</b>	<b>f</b>	<b>p</b>	<b>efecto</b>
Total	Sexo	4427.295	0.000	R
Machos	Zona	49.600	0.000	R
	Año	15.225	0.000	R
	Mes	17.834	0.000	R
	Año Ibiza	0.575	0.563	NR
	Año Vera	2.863	0.057	NR
	Mes Alicante	6.183	0.000	R
	Mes Ibiza	1.837	0.043	R
	Mes Vera	2.968	0.001	R
	Hembras	Zona	69.095	0.000
Año		32.056	0.000	R
Mes		23.713	0.000	R
Año Ibiza		11.159	0.000	R
Año Vera		0.364	0.695	NR
Mes Alicante		8.826	0.000	R
Mes Ibiza		16.621	0.000	R
Mes Vera		6.925	0.000	R
<b>Medias ajustadas</b>				
<b>Grupo</b>	<b>Factor</b>	<b>f</b>	<b>p</b>	<b>efecto</b>
Total	Sexo	189.931	0.000	R
Machos	Zona	198.993	0.000	R
	Año	58.929	0.000	R
	Mes	38.443	0.000	R
	Año Ibiza	13.012	0.000	R
	Año Vera	21.185	0.000	R
	Mes Alicante	88.318	0.000	R
	Mes Ibiza	36.618	0.000	R
	Mes Vera	11.854	0.000	R
	Hembras	Zona	362.068	0.000
Año		6.426	0.000	R
Mes		23.321	0.000	R
Año Ibiza		45.016	0.000	R
Año Vera		11.489	0.000	R
Mes Alicante		63.639	0.000	R
Mes Ibiza		34.009	0.000	R
Mes Vera		7.097	0.000	R

4.3.3.2. Mudas

En el caso del Golfo de Alicante se han determinado los porcentajes de contribución, tanto por clase de talla y sexo, como a lo largo del periodo considerado, de los individuos encontrados en estado de *Postmuda*. Para el conjunto la contribución de individuos encontrados en *Postmuda* fue muy baja, representando un 11,5 % del total, contribuyendo los machos en mayor porcentaje (8,5 %).

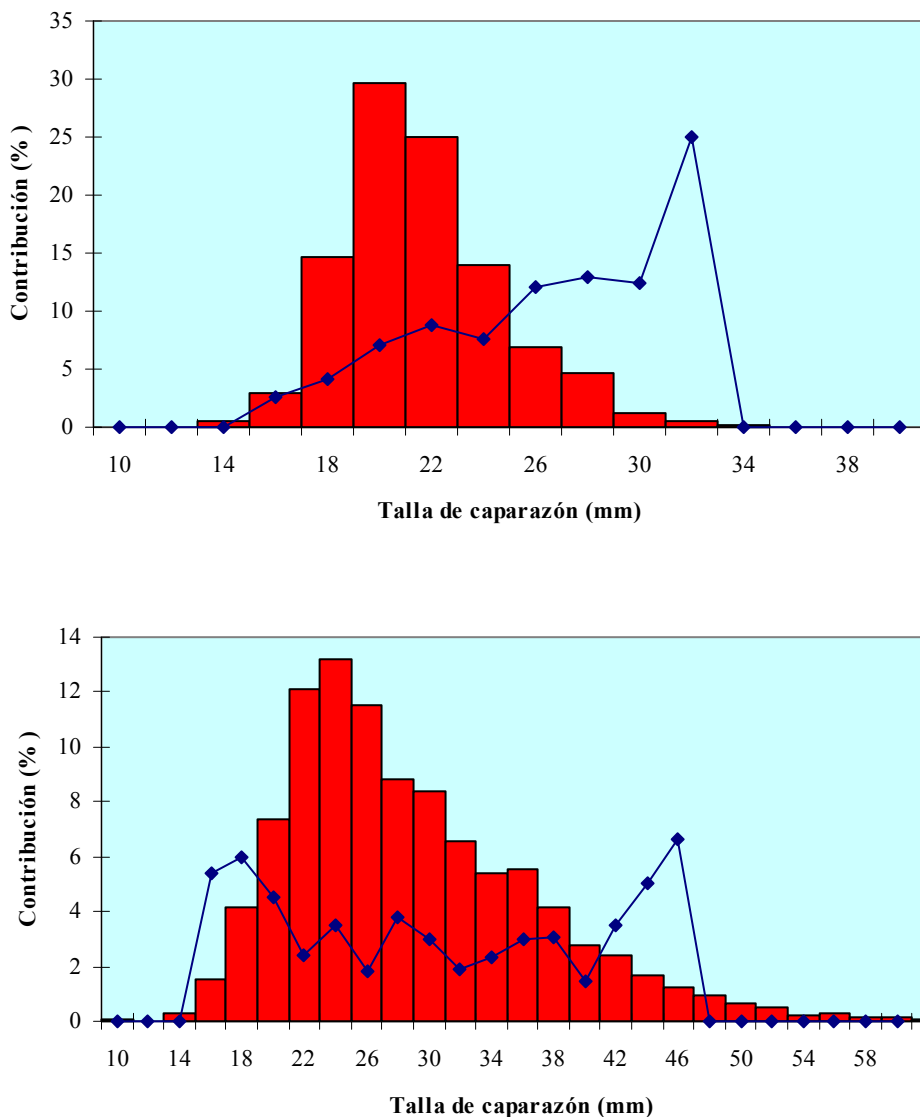


Figura 4.10.- Porcentaje de los individuos en *Postmuda* encontrados en cada clase de talla (línea) y la contribución de cada clase de talla al total de individuos (barras), para los machos (arriba) y las hembras (abajo) de *A. antennatus* del Golfo de Alicante.

En el caso de los machos se observa un mayor porcentaje de individuos en postmuda en las tallas más grandes, mientras que en las hembras esta tendencia no es tan clara apareciendo mayores porcentajes tanto en las tallas grandes como en las más pequeñas (Fig. 4.10).

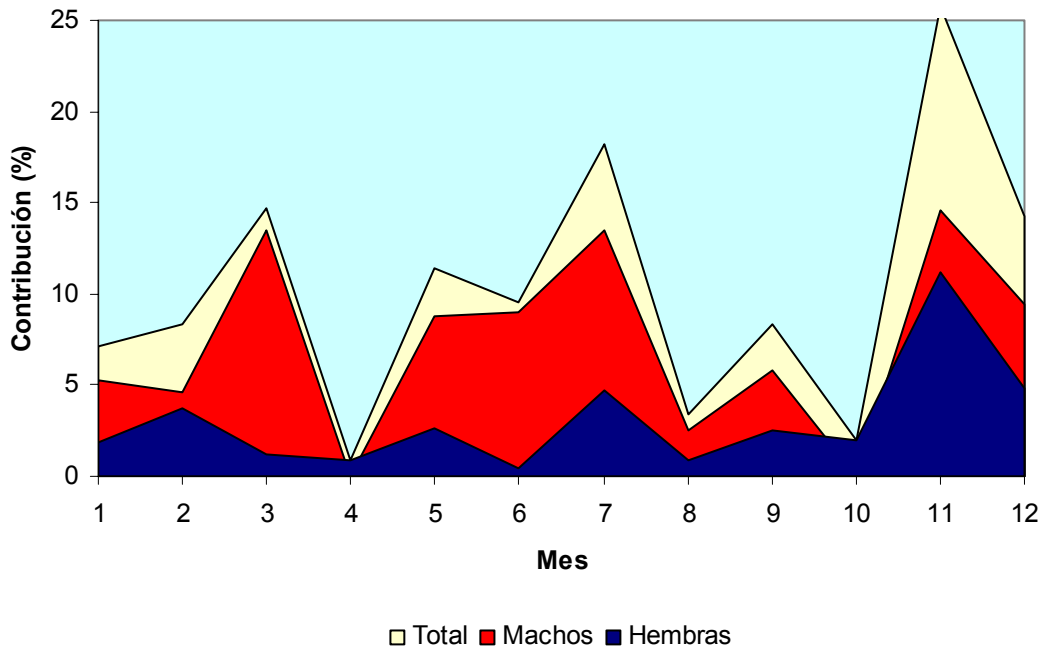


Figura 4.11.- Evolución mensual de los porcentajes de individuos en postmuda, para machos y hembras de *A. antennatus* del Golfo de Alicante.

La evolución temporal de los porcentajes de individuos en postmuda muestra (Fig. 4.11) una sincronía entre machos y hembras con un claro patrón bimensual en el incremento de individuos recién mudados, más patente en el caso de los machos.



4.3.3.3. Crecimiento absoluto

En la Tabla 4.13 se exponen los resultados de la identificación modal de las distribuciones según el método de Batthacharya, del programa FISAT (Gayanilo *et al.*, 1994). En la Tabla 4.14 se exponen los resultados de las diferentes estimaciones de los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy obtenidas por la aplicación del paquete estadístico FISAT (Gayanilo *et al.*, 1994), (subprograma ELEFAN).

**Tabla 4.13.- Valores de talla de cefalotorax (mm) en *A. antennatus* obtenidos por identificación de las clases modales de las distribuciones de talla por el método de Battacharya (Programa FISAT, Suprograma ELEFAN). Los valores correspondientes al año 1\*, (CL<sub>1</sub>) se han empleado en el ajuste de t<sub>0</sub> en la VBGF.**

Clases de Edad	Golfo de Alicante		Canal de Ibiza		Golfo de Vera	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
1*	21,47	25,65	23,05	29,18	21,0	29,1
2	27,68	33,66	33,26	37,56	27,3	43,8
3		43,19		45,75	32,5	52,6
4		51,16		54,1		

Los resultados obtenidos, tanto en la identificación de componentes normales como los parámetros obtenidos en el ajuste de la VBGF, dan mayores tallas en el caso de las hembras que las de los machos, en las tres zonas de estudio. Los valores de  $\phi'$  de Munro, calculados para los ejemplares procedentes de las tres zonas estudiadas, son casi idénticos entre zonas, resultando ligeramente mayores los de las hembras (Tabla 4.15).

**Tabla.4.14 .- Resultados de los parámetros de crecimiento (relación talla-edad) de la VBGF obtenidos utilizando el programa FISAT (ELEFAN), para los machos y las hembras de *A. antennatus*, estando ajustado  $t_0$  para las  $L_{c1}$  calculadas. Los ajustes se han realizado para serie de las frecuencias mensuales de cada año, o bien sobre la serie de las frecuencias mensuales de un periodo de varios años (\*).**

Zona	año	Grupo	$L_{\infty}$	K	$t_0$	Rn
Golfo de Alicante	1995-1998*	Machos	51.0	0.360	-0.520	0.382
		Hembras	77.0	0.380	-0.065	0.128
Canal de Ibiza	1992	Machos	54.0	0.330	-0.687	0.378
		Hembras	75.0	0.398	-0.238	0.203
	1993	Machos	55.0	0.380	-0.430	0.315
		Hembras	76.0	0.430	-0.127	0.222
	1994	Machos	58.0	0.400	-0.266	0.435
		Hembras	77.0	0.403	-0.182	0.186
	92-94*	Machos	55.0	0.380	-0.430	0.272
		Hembras	73.0	0.363	-0.406	0.146
Golfo de Vera	1992	Machos	56.0	0.35	-0.33	0.351
		Hembras	74.0	0.41	-0.22	0.122
	1993	Machos	50.0	0.34	-0.61	0.207
		Hembras	74.0	0.50	-0.001	0.183
	1994	Machos	52.0	0.31	-0.66	0.266
		Hembras	75.0	0.41	-0.22	0.169
	92-94*	Machos	55.0	0.36	-0.33	0.248
		Hembras	75.0	0.40	-0.23	0.121

**Tabla 4.15.- Valores de Longitud total máxima teórica ( $L_{\infty}$ ) expresada en cm, y de  $\phi'$  de Munro ( $\phi'$ ) calculados para machos y hembras de *A. antennatus* en las distintas zonas estudiadas.**

	Golfo de Alicante		Canal de Ibiza		Golfo de Vera	
	$L_{\infty}$	$\phi'$	$L_{\infty}$	$\phi'$	$L_{\infty}$	$\phi'$
Machos	22,54	4,41	24,01	4,50	24,01	4,50
Hembras	32,84	4,92	31,48	4,86	32,16	4,89

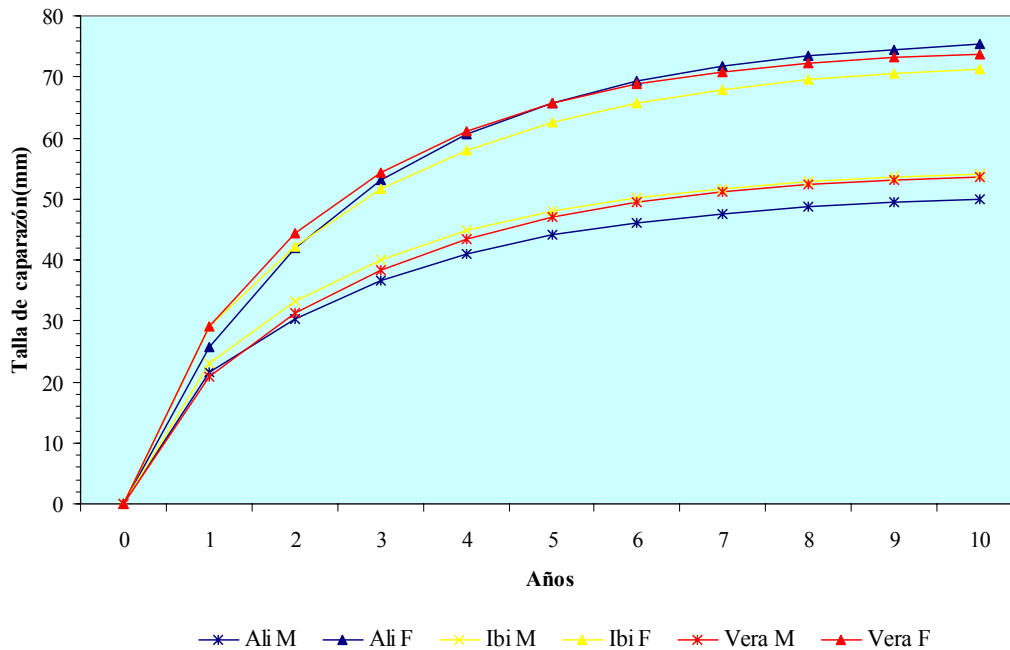


Figura 4.12.- Curvas de Crecimiento Absoluto de *A. antennatus*, construidas con la VBGF a partir de los parámetros calculados para cada zona y sexo, para cada periodo considerado en conjunto.

Las curvas teóricas de Crecimiento Absoluto, elaboradas a partir de la VBGF con los datos calculados en esta Memoria para cada zona, considerando todo el periodo de muestreo, muestran (Fig. 4.12) unas tasas de crecimiento mayores en las hembras que en los machos, situándose las curvas de las hembras sobre las de los machos; por zonas se observan diferencias de crecimiento entre zonas para ambos sexos.

#### **4.4. Reproducción**

##### ***4.4.1. Introducción***

El conocimiento de los procesos relacionados con la reproducción de una especie, resulta básico a la hora de esclarecer determinados comportamientos de la misma, siendo fundamentales en el caso de que la especie esté sometida a explotación y necesitemos evaluar su estado de explotación pesquera.

Para establecer este conocimiento es necesario determinar la proporción que existe entre los sexos, determinar la talla en que comienza la maduración sexual, la evolución temporal de esta maduración y la determinación, lo más precisa posible, de la época de puesta o puestas a lo largo de un año.

Para ello se realizaron una serie de muestreos biológicos sobre ejemplares de *A. antennatus* capturados en las distintas zonas por la flota comercial, completando un mínimo de un ciclo anual de seguimiento, 1997 en el caso del Golfo de Alicante, a un máximo de tres años de seguimiento, de 1992 a 1994 en los casos del Canal de Ibiza y del Golfo de Vera.

##### ***4.4.2. Material y Método***

Los datos empleados en este Apartado son los mismos que se mencionan en el Apartado de *Crecimiento Relativo* y proceden de los mismos muestreos biológicos resumidos en la Tabla 4.6. Con los datos de muestreo biológico (sexo, estado de madurez, presencia de espermatóforo y peso gonadal) se confeccionaron los correspondientes ficheros, teniendo en cuenta que tanto el sexo como la madurez se determinaron por observación macroscópica.

Los machos se determinaron como tales por la presencia de Petasma y las hembras por la de Thelycum. Se han determinado las proporciones sexuales, así como también la proporción de hembras sobre el total de los individuos ( $\text{Prop.Sex} = N^{\circ} \text{♀} / N^{\circ} \text{♂} + N^{\circ} \text{♀}$ ),

realizando un test G de heterogeneidad (Sokal y Rohlf, 1969) para determinar si las predominancias de cada sexo en cada rango de talla son significativas o no. Este Test calcula el valor G para cada clase de talla siendo  $G = 2 * [(n^{\circ} \text{ machos} * (\ln (n^{\circ} \text{ machos} / 0.5))) + (n^{\circ} \text{ hembras} * (\ln (n^{\circ} \text{ hembras} / 0.5))) - (n^{\circ} \text{ total} * \ln(\text{total}))]$ , comparando en una chi-cuadrado para 1 grado de libertad y una  $p < 0.05$  su significación. La madurez de los machos se determinó en función del acortamiento del Rostrum (Sardá y Demestre, 1989; Sardá y Cartes, 1997) y de que presentasen fusión o no del petasma (Demestre y Fortuño, 1992); así los machos con rostro largo y petasma sin fusionar se clasificaron como Juveniles, mientras que los que presentaban rostro corto y fusión del petasma se consideraban Maduros, a pesar de que la concurrencia de ambos caracteres no implique necesariamente el inicio del status reproductivo (Demestre y Fortuño, 1992). La madurez de las hembras se determinó macroscópicamente, adoptando una escala de 5 estados de madurez, modificada de Relini-Orsi y Relini (1979), propuesta por Demestre y Fortuño, en 1992 y seguida por Martínez-Baños (1997) (Tabla 4.16):

**Tabla 4.16.- Resumen de las escalas de madurez aplicada en las hembras de *A. antennatus*, así como sus características macroscópicas y microscópicas equivalentes.**

Código	Estado	Aspecto Macroscópico	Estado Histológico
A	Inmaduro	Gónadas translúcidas o blanquecinas.	Gónadas inmaduras o en principio de maduración.
B	Desarrollo o inicio de maduración	Gónadas de coloración rosada por la presencia de carotenos, con mayor volumen y coloración en el cefalotórax que en el abdomen.	Inicio de maduración
C	Prepuesta o madurez avanzada	Las gónadas ocupan la región cefalotorácica y el abdomen con un importante volumen y una coloración violeta clara	Gónada madura
D	Puesta	Gónadas de color violeta oscuro que ocupan gran parte del cefalotórax y son claramente visibles a lo largo del abdomen	Gónada en puesta
E	Postpuesta o reposo	Las gónadas han reducido su tamaño sensiblemente, apareciendo flácidas; coloración blanquecina con restos violetas.	Gónada inactiva

Hay que considerar que las hembras de *A. antennatus* no transportan los huevos de la puesta entre sus pleópodos, contrariamente a lo que ocurre entre braquiuros y carideos, sino que los libera directamente al medio, por lo que el conocimiento de la reproducción en esta especie proviene de las hembras con ovarios maduros.

Los porcentajes de individuos inactivos, activos o en puesta se determinaron a partir de los porcentajes mensuales de maduración; así se consideraron como inactivos los individuos en estado A y en estado E, como activos a los encontrados en estado B y en estado C, considerándose como en puesta a los individuos de estado D.

Se han calculado los índices gonadosomáticos (GSI) para los distintos estados de madurez de las hembras; dado que la reproducción de *A. antennatus* había sido descrita con anterioridad (Demestre, 1990; Martínez-Baños, 1997), estimando una duración de tres meses estivales, se optó por muestrear algunos individuos de estado A en los meses previos a la reproducción, realizando el mayor esfuerzo de muestreo en los meses desde el comienzo de estados B y C. Para la obtención del índice gonadosomático se procedió a pesar el individuo a la décima de gramo, diseccionándolo y disecando la gónada, que fue pesada en una balanza con una precisión de 0.001g; seguidamente se calculó el Índice Gonadosomático con la expresión  $IG = (Pg/Pt) * 100$  (Giese, 1958), siendo Pg el peso de la gónada y Pt el peso total del individuo.

Finalmente se determinaron los porcentajes de madurez por talla para cada sexo, a fin de determinar la talla de primera madurez al 50%, siendo esta la talla a la que la mitad de los individuos han alcanzado la madurez durante la época de puesta, ajustando los porcentajes de individuos maduros por clase de talla por medio de una curva logística generalizada (Nelder, 1961; Cárdenas *et al*, 1997), en la que el ajuste se realiza por medio de la expresión  $p_i = (1 / 1 + \exp(a + b * L_i))^m$ , siendo  $p_i$  el porcentaje de madurez del grupo de talla  $i$ ;  $L_i$  la clase de talla, siendo  $a$ ,  $b$  y  $m$  parámetros que son ajustados por un proceso

iterativo que minimiza la suma de cuadrados de la diferencia entre observados y esperados; otro ajuste se ha realizado con una curva logística simétrica (Pope *et al*, 1983), en la que el porcentaje de cada clase de talla ( $p$ ) viene dado por  $p = 100 / (1 + \exp - (a(t) + b(t) * L))$  siendo calculados  $a$  y  $b$  por mínimos cuadrados transformando la anterior expresión en la ecuación de una recta, y otro ajuste se ha realizado sobre una curva asimétrica obtenida por el Modelo de Gómpertz (Pope *et al*, 1983), considerando todos los pares de valores talla-porcentaje, excepto aquellos en los que  $p = 0$  ó  $p = 100$  y cuyo rango no comprenda los valores excluidos, transformando la primera clase de talla que presenta  $p > 0$  en la clase de talla 1, la segunda la 2 y sucesivamente, siendo  $L_n = L_n - (L_{n-1})$ , para  $n = 1, 2, 3, \dots$ . El Modelo de Gómpertz es de la forma:  $p = p_0(t) * \exp (G(t) * (1 - \exp (-g(t) * L_n))$ , donde  $p$  es el porcentaje de individuos maduros por clase de talla ( $L_n$ );  $p_0$ ,  $G$  y  $g$  son parámetros que se estiman por el algoritmo de Marquard (1963) que aplica el programa FISHPARM (Saila *et al*, 1963) que fue el empleado en los cálculos.

#### **4.4.3. Resultados**

Los porcentajes de madurez (inmaduros-maduros) de los machos, muestran (Fig. 4.13) una elevada proporción de individuos maduros a lo largo del año, aumentando esta proporción durante el fin de la primavera y el verano; en el caso de los inmaduros se observa un aumento de las proporciones en el mes de Marzo-Abril, justo antes de comenzar la reproducción de las hembras y coincidiendo con la época de reducción sincrónica del *rostrum* (Sardá, 1986) y en Noviembre (justo después de finalizar la época reproductiva). En el caso de las hembras las proporciones de hembras fecundadas (que presentan espermatóforo) comienzan a aumentar en primavera alcanzando el máximo durante el verano y disminuyendo en el otoño.

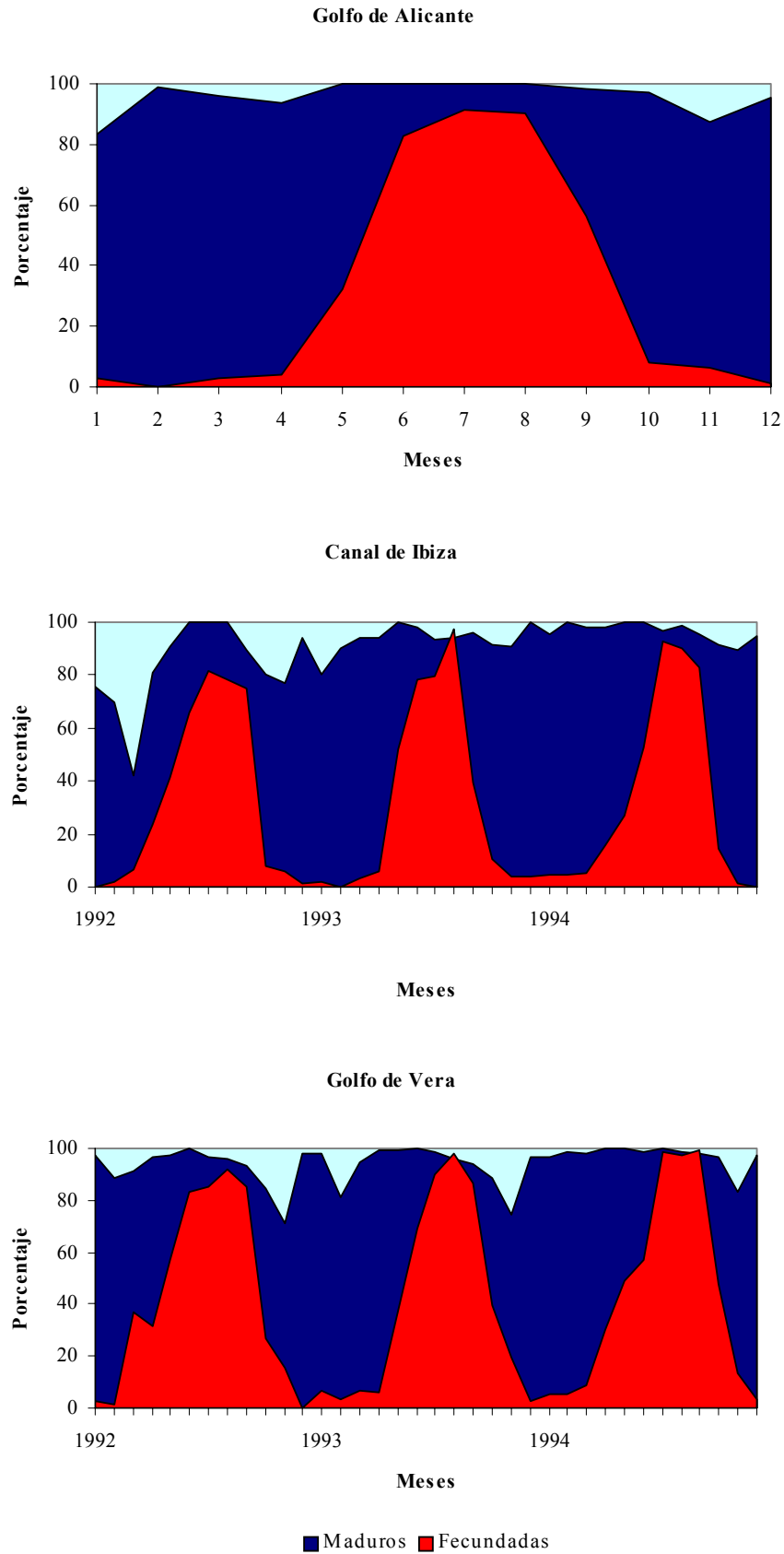


Figura 4.13.- Evolución de los porcentajes de machos maduros y de hembras fecundadas de *A. antennatus* a lo largo de periodo de muestreo en las tres zonas consideradas.



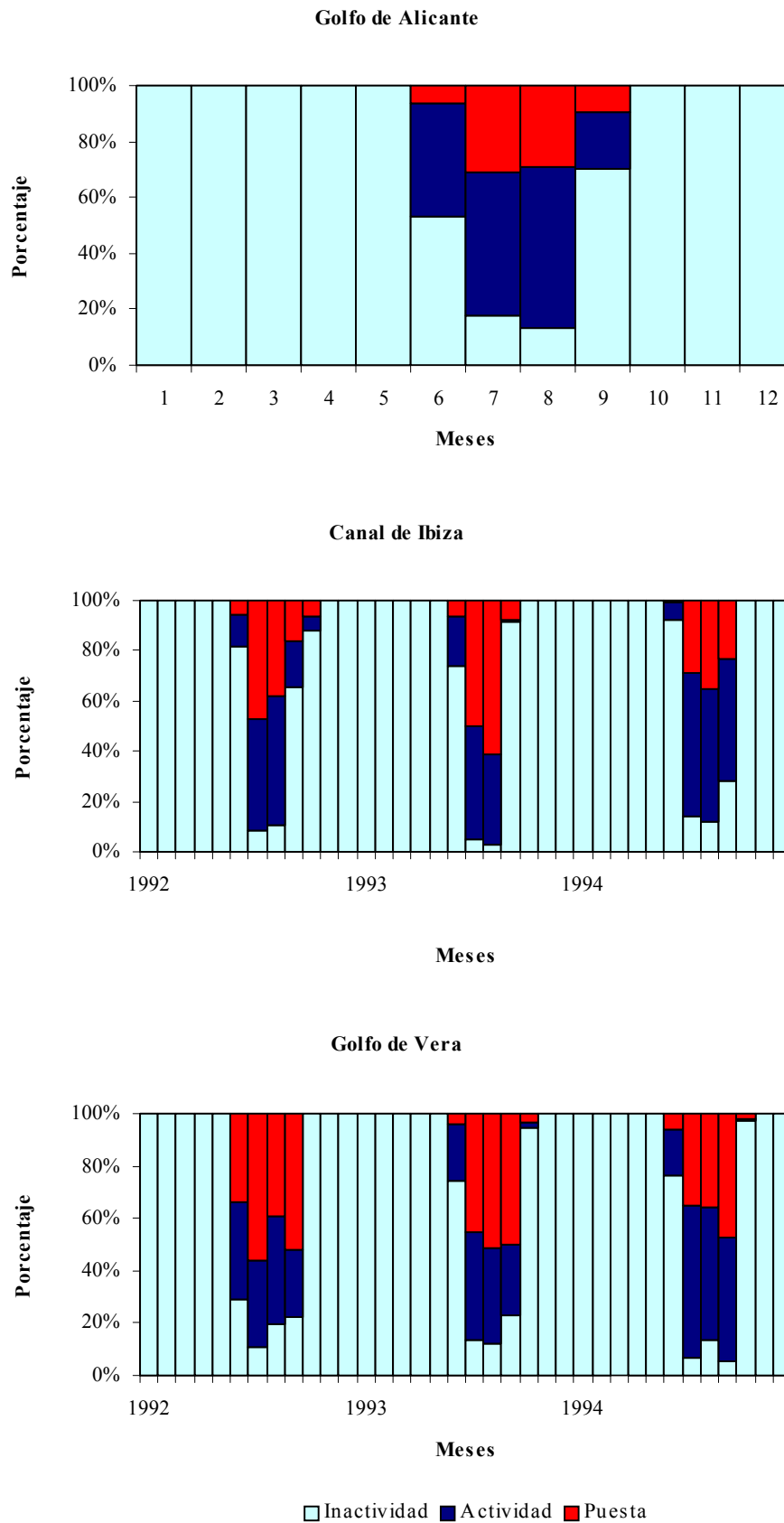
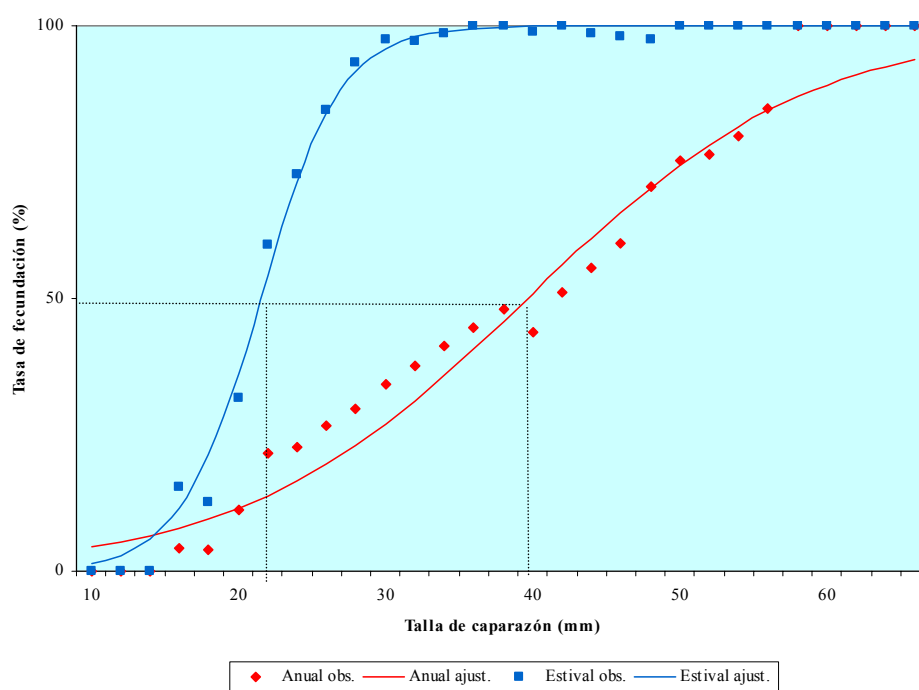


Figura 4.14.- Evolución de los porcentajes de hembras inactivas, activas y en puesta de *A. antennatus* a lo largo de periodo de muestreo en las tres zonas consideradas.

Los porcentajes de hembras en puesta, en actividad o en inactividad a lo largo del periodo estudiado muestran (Fig. 4.14) claramente una relación inversa entre los porcentajes de actividad y los de inactividad durante el verano, definiéndose claramente la época de puesta en el periodo comprendido entre los meses de junio a octubre, con especial intensidad en los de julio, agosto y septiembre. Estos resultados son comunes en las tres zonas analizadas. La talla de primera fecundación en las hembras, varía según consideremos el total de los individuos a lo largo del año ( $L_{50} = 41$  mm de talla de caparazón) o bien si consideramos sólo las capturas de la etapa reproductiva, de junio a agosto, en la que se determina una talla de primera fecundación al 50 % de unos 23 mm de talla de caparazón (Fig. 4.15), por lo que la elección de la época de muestreo resulta determinante en los resultados de la talla de primera fecundación, siendo válidos sólo aquellos obtenidos durante la época de reproducción.



**Figura 4.15.- Determinación de la talla de primera fecundación al 50 % en hembras de *A. antennatus*, tanto durante la época de reproducción (estival; n= 3 327) como a lo largo de todo el año (anual, n=12 135); ajuste logístico para datos combinados de las tres zonas de estudio.**

Los valores muestrales del peso gonadal aumentan consecuentemente con la talla; en la Figura 4.16 se presentan los valores obtenidos en los muestreos, que comprenden todos los estados de maduración agrupándolos por clase de talla, observándose un aumento del peso medio gonadal paulatino hasta los 40 mm de longitud de caparazón y más patente a partir de los 45 mm de talla. Si consideramos los valores del Índice Gonadosomático (Fig.4.17) se observan valores medios elevados en la clase de 20 mm de talla.

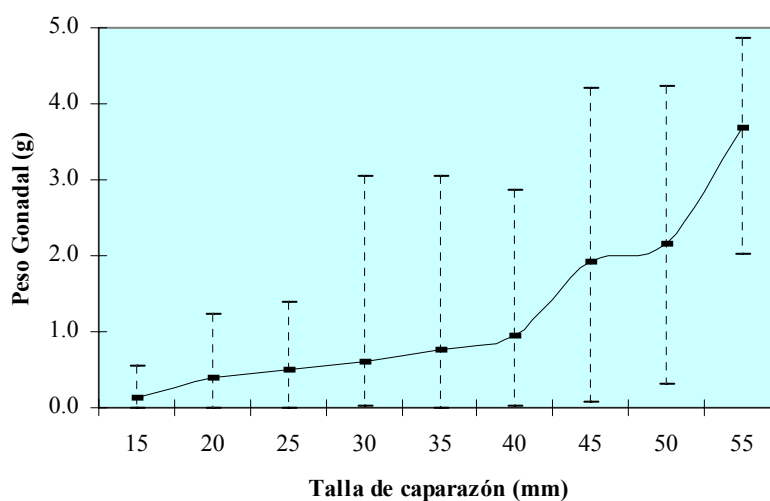


Figura 4.16.- Representación de los valores medios, máximos y mínimos de los pesos gonadales observados para cada clase de talla de *A. antennatus*.

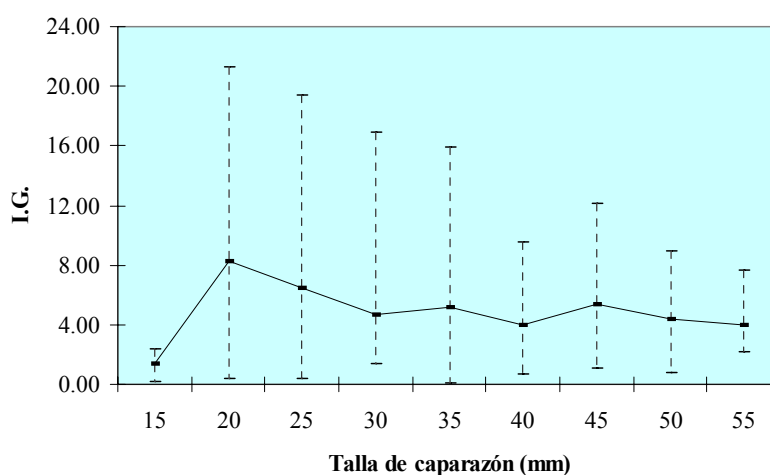
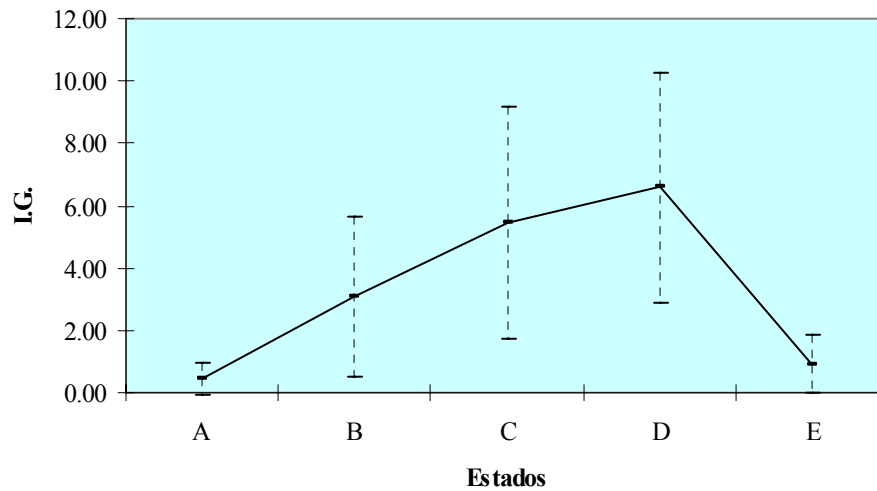


Figura 4.17.- Representación de los valores medios y rango de variación de los índices gonadosomáticos obtenidos para cada clase de talla de *A. antennatus*.

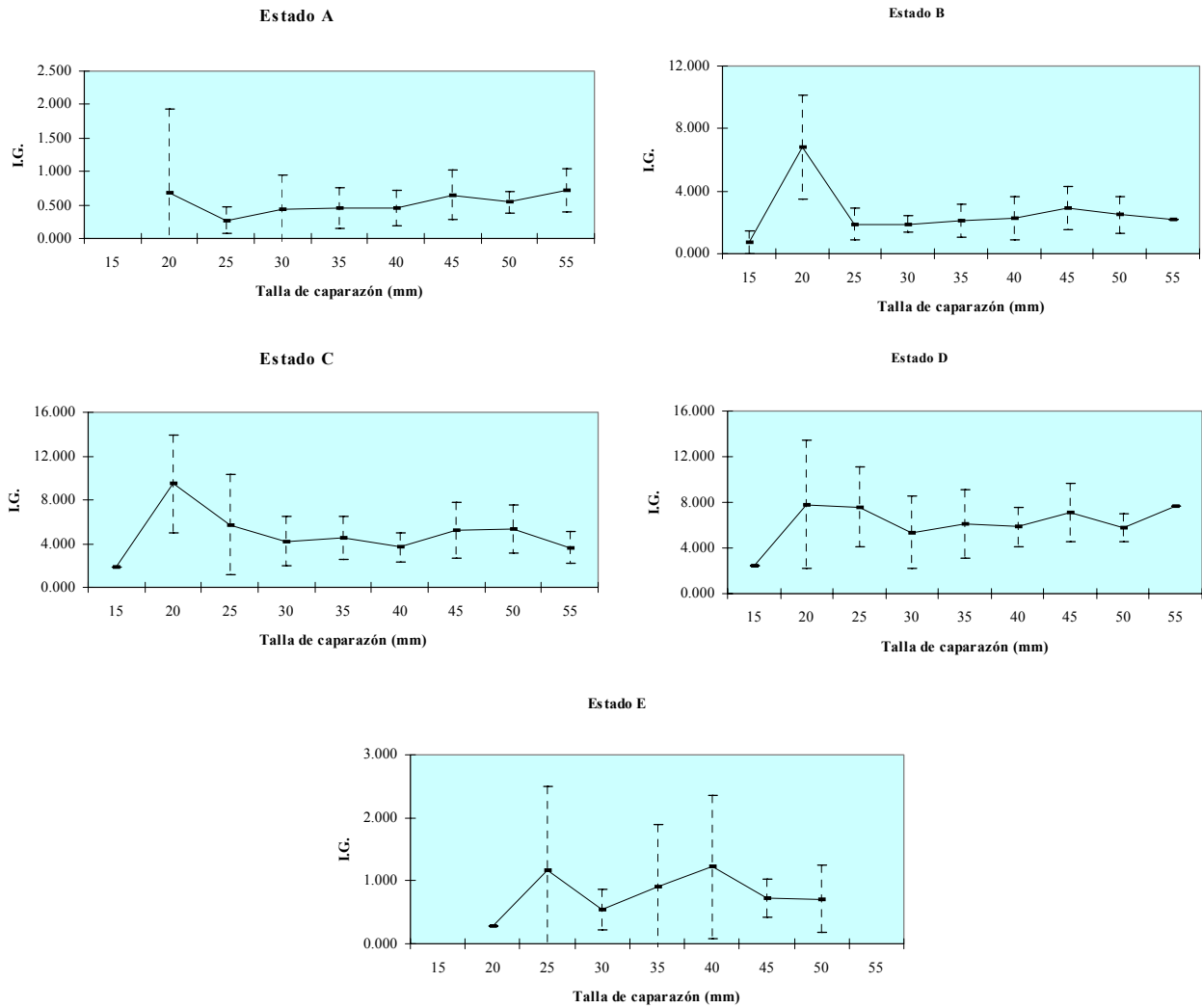
**Tabla 4.17.- Valores medios y desviación estándar de los índices gonadosomáticos obtenidos para cada estado de maduración de *A. antennatus*.**

Estado	A	B	C	D	E
n	238	56	150	193	59
Media	0.44372	3.08247	5.45653	6.59059	0.91314
sd	0.49551	2.53707	3.70197	3.68062	0.92287

Los valores del índice gonadosomático muestran (Tab. 4.17) un incremento de sus valores según va avanzando la maduración ovárica, desde unos valores mínimos en reposo (A), alcanzando los valores máximos en el estado de puesta (D) y disminuyendo hasta casi los valores de reposo en la postpuesta (E) (Fig. 4.18).



**Figura 4.18.- Representación de los valores medios y desviación estándar de los índices gonadosomáticos obtenidos para cada estado de maduración de *A. antennatus*.**



**Figura 4.19.- Representación de los valores medios y desviación estándar de los índices gonadosomáticos obtenidos por talla y para cada estado de maduración de *A. antennatus*.**

Con respecto a la evolución de los valores medios de los índices gonadosomáticos con la talla se observa una ligera tendencia a aumentar éstos conforme aumenta la talla, sobre todo en el estado de puesta (D) aunque en general la relación se mantiene estable, más o menos, a lo largo del crecimiento de las hembras; sin embargo y sobre todos en los estados B y C, se observan altos valores, acompañados de elevadas desviaciones, en el intervalo de talla de 20 a 25 mm de Longitud de caparazón (Fig. 4.19).

Los porcentajes de madurez al 50 % por clase de talla muestran diferentes resultados, según la zona de procedencia, aunque resultan muy similares entre sí; (Fig. 4.20), mostrando mejor ajuste gráfico, en general, la curva logística generalizada y la logística simétrica que la de Gompertz.

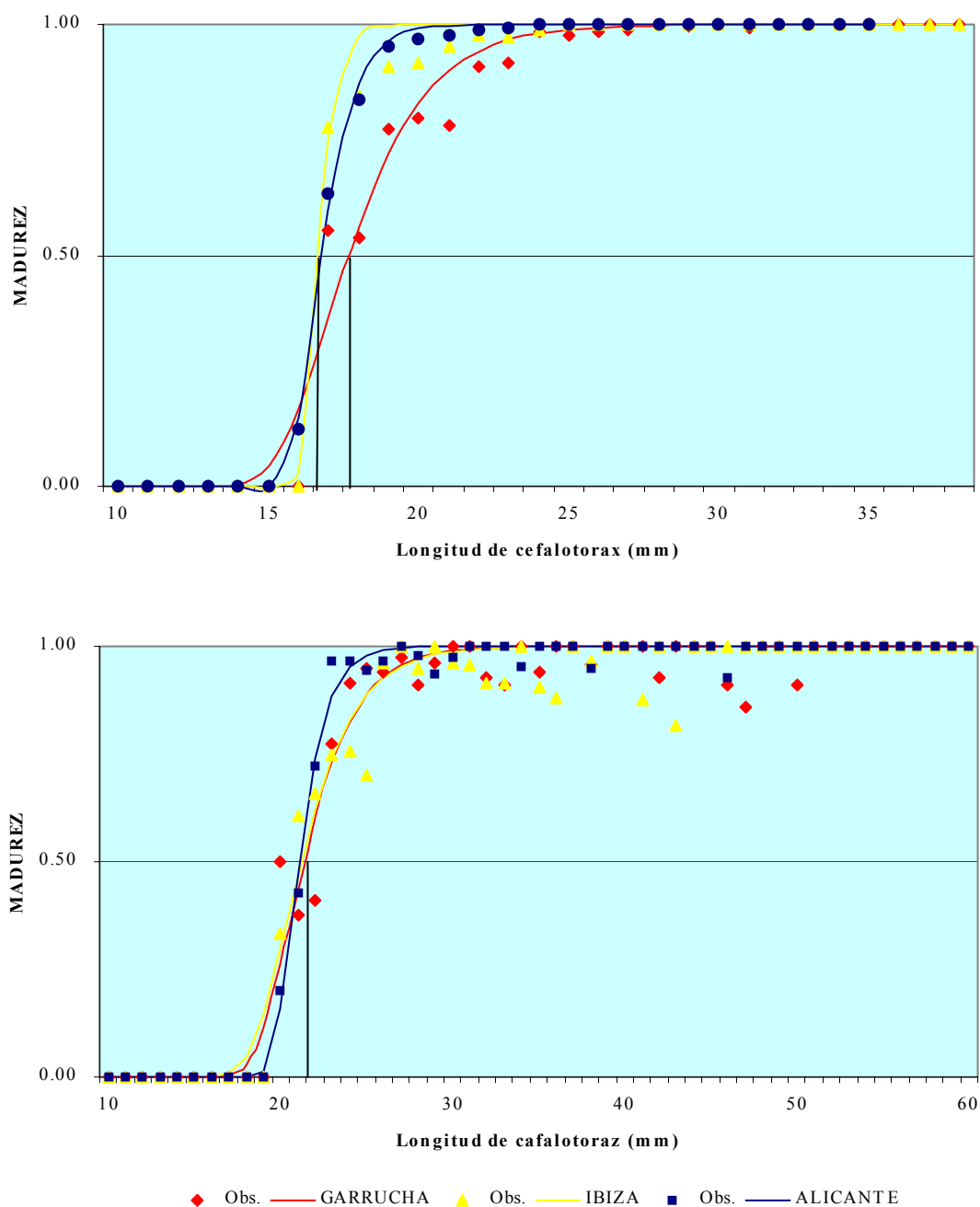


Figura 4.20- Curvas de ajuste Logístico generalizado de los porcentajes de individuos maduros para machos (arriba) y hembras (abajo) en *A. antennatus*; se muestran las tallas de maduración al 50 % para las distintas zonas estudiadas.

Los resultados de la determinación de la talla de primera madurez al 50 % (Tabla 4. 19), muestran valores distintos, aunque muy similares en cada zona de estudio y según el método empleado. En todos los casos, los machos del Canal de Ibiza muestran las tallas de primera madurez algo más bajas que en las otras zonas; por el contrario las tallas de maduración de las hembras parecen ser más altas en el Golfo de Alicante. En ambos sexos las diferencias en conjunto son mínimas, pudiendo considerar una talla media global para las tres zonas.

**Tabla 4.19.- Resultados de las tallas de primera madurez, al 50%, en machos y hembras de *A. antennatus* en las tres zonas de estudio y según los ajustes logísticos y de Gompertz.**

Zona	Logística generalizada		Logística simétrica		Gompertz	
	machos	hembras	machos	hembras	machos	hembras
<b>Golfo de Alicante</b>	16.75	21.15	16,75	23,45	17.78	21.85
<b>Canal de Ibiza</b>	16.65	21.20	15,75	21,15	15.73	20.75
<b>Golfo de Vera</b>	17.55	21.40	17,15	22,41	17.15	21.73
<b>Media</b>	16.98	21.25	16.55	22.34	16.89	21.44
	<b>Media Global</b>	<b>Machos 16.81 mm Hembras 21.68 mm</b>				

Con respecto al balance entre los sexos, para los datos obtenidos por medio de embarques directos (Cap.3), si consideramos la talla media de la captura obtenida y la proporción de hembras en la captura o Proporción sexual ( $n^{\circ}$  de hembras/ $n^{\circ}$  total), cuyos valores más próximos a 1 indican una mayor proporción de hembras en la captura, vemos que en las zonas prospectadas, en general, mantienen una alta proporción de hembras en su captura (Tabla 4.20).

Tabla 4.20.- Valores de la proporción sexual promedio en las distintas zonas de estudio muestreadas por embarques.

Zona	Proporción de hembras
Alicante	0,88
Ibiza	0,86
Vera	0,83

Si consideramos los valores de la proporción sexual para cada clase de talla y para cada zona (Fig. 4.21), observamos una zona de grandes oscilaciones, entre los 15 y los 25 mm de longitud de cefalotórax, con grandes variaciones entre las zonas; estas variaciones son atribuidas a una insuficiente cantidad de ejemplares muestreados en esas clases de talla.

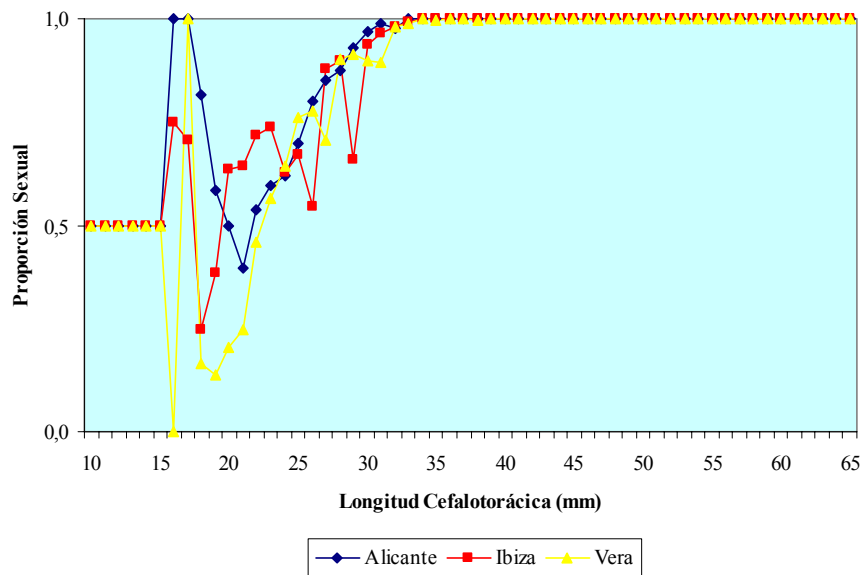
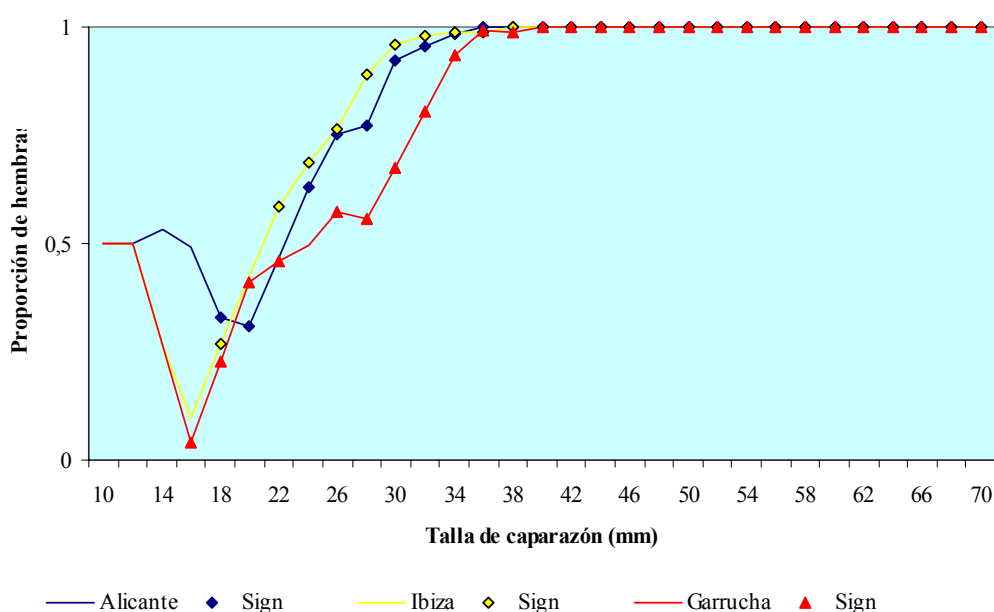


Figura 4.21.- Representación de las proporciones sexuales ( $n^\circ$  hembras/ $n^\circ$  total) de *A. antennatus* en las distintas zonas, obtenidas por medio de embarques.



En el caso de los individuos muestreados en puerto de las capturas procedentes de las distintas flotas, la proporción de sexos, para cada zona y a lo largo del periodo de estudio, muestra una estructura similar entre las distintas zonas (Fig. 4.22), dominando significativamente los machos en las tallas pequeñas, con proporciones más altas en el Canal de Ibiza y Golfo de Vera, pasando a dominar significativamente las hembras por encima de los 26 mm de Longitud de caparazón, aumentando los porcentajes y siendo exclusivamente hembras por encima de los 38 mm de L.C.



**Figura 4.22.- Evolución de las proporciones sexuales (proporción de hembras) en las capturas totales de *A. antennatus* en función de la talla y para cada zona de estudio.**

La proporción sexual para todo el periodo de estudio fue de ligero predominio de las hembras en todas las zonas; la proporción sexual media más baja con mayor contribución de machos que en el resto, fue en el Golfo de Vera (0,68), seguido del Golfo de Alicante con un 0,77, mientras que en el Canal de Ibiza fue la más alta con 0,83 por lo que en esta zona se detecta una mayor contribución de hembras en las capturas.

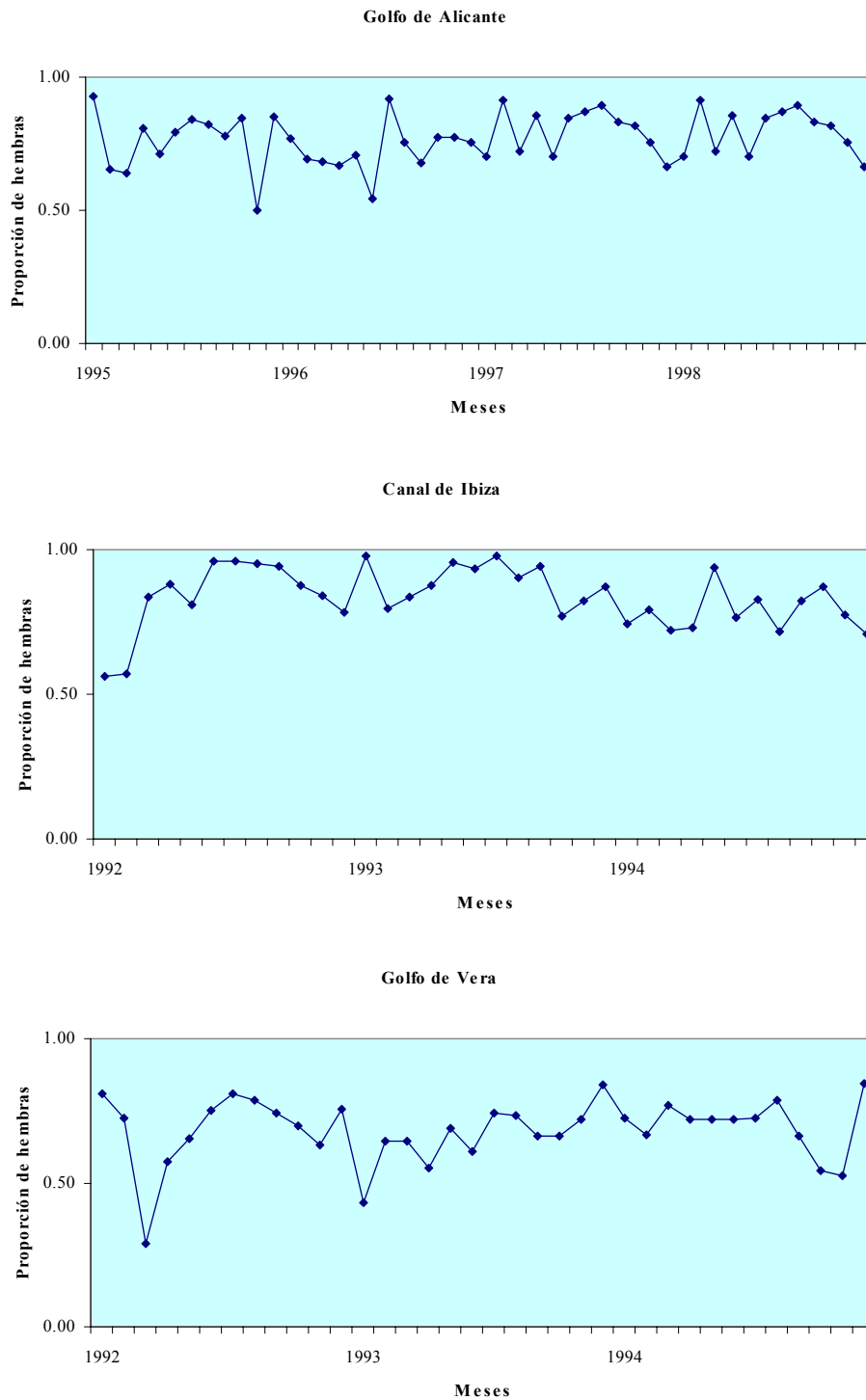
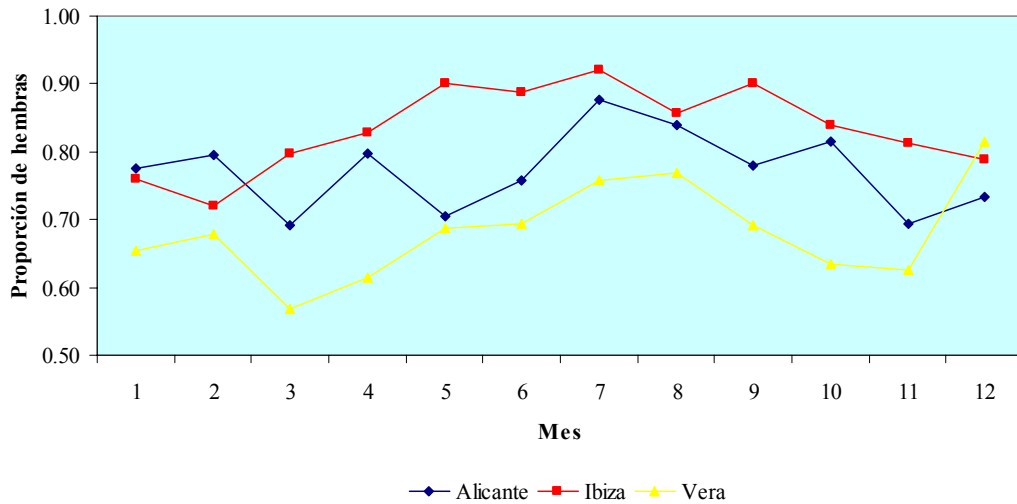


Figura 4.23.- Evolución mensual de las proporciones sexuales (proporción de hembras) en las capturas desembarcadas en los puertos de control de cada zona de estudio.



**Figura 4.24.- Contribuciones promedio de las proporciones de hembras en las capturas para cada una de las zonas estudiadas.**

La contribución de hembras en la captura muestra, además de las variaciones entre zonas, variaciones a lo largo del periodo de estudio (Figs. 4.23 y 4.24). Estacionalmente se observa una disminución de la contribución de hembras en febrero- marzo, seguido de una lenta recuperación de las proporciones, que aumentan claramente desde mayo hasta agosto, comenzando a disminuir nuevamente, alcanzando el mínimo en noviembre. Esta dinámica es clara en las zonas de Alicante y de Vera, no siendo tan patente en la zona del Canal de Ibiza.

## **4.5. Mortalidad**

### ***4.5.1. Introducción***

La mortalidad es el proceso por el cual los individuos constituyentes de una población van desapareciendo a lo largo del tiempo. Si consideramos una cohorte, o conjunto de individuos que nacen en un momento dado en un lugar concreto, y seguimos su evolución a lo largo del tiempo observamos que su número va disminuyendo paulatinamente a lo largo del tiempo, con grandes tasas en las etapas iniciales y disminuyendo su tasa de desaparición conforme los individuos se van haciendo mayores. Por lo tanto la mortalidad afecta al número de individuos de una cohorte negativamente, en función del número inicial y del tiempo transcurrido, con una tasa que puede variar en función del tramo de tiempo que consideremos.

Por lo tanto podemos decir que, para un periodo muy corto de tiempo, el número de individuos que muere es proporcional al número total de individuos:

$$(dN/dt) = -ZN$$

siendo N el número de individuos, t el espacio de tiempo y Z la tasa de desaparición o tasa instantánea de mortalidad. Si queremos calcular esta tasa para un espacio de tiempo finito, integramos la anterior expresión:

$$N_t / N_0 = e^{-Zt}$$

$$N_t = N_0 * e^{-Zt}$$

Donde, para un espacio de tiempo t, la proporción de individuos vivos al final del periodo ( $N_t$ ) y los presentes al inicio del mismo ( $N_0$ ), son la expresión exponencial negativa de la tasa de mortalidad (Z) sufrida en ese periodo (t). Esta última expresión sería la llamada “Ecuación de Supervivencia” que nos permite conocer el número de individuos que quedan al actuar la mortalidad durante un periodo de tiempo.

En las poblaciones naturales la tasa instantánea de mortalidad natural tiene una sola componente, que agrupa todos los posibles procesos naturales de desaparición de los individuos; predación, enfermedad, senilidad, etc.. Sin embargo en las poblaciones sometidas a explotación por el hombre, a esta componente natural de mortalidad hay que añadirle una componente de explotación humana o “mortalidad pesquera” de modo que:

$$Z = M$$

en poblaciones no sometidas a explotación y

$$Z = M + F$$

en las sometidas a explotación, llamando a Z mortalidad total, M mortalidad natural y F mortalidad pesquera.

Como hemos visto la tasa de mortalidad natural (M) es un parámetro de gran importancia en la dinámica poblacional y, junto con la mortalidad pesquera (F), se consideran parámetros críticos en el estudio de la dinámica de poblaciones explotadas, como es el caso que nos ocupa.

#### ***4.5.2. Material y Método***

Existen varios métodos de la estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) desarrollados por diversos autores, fundamentalmente en los últimos 50 años, que relacionan los valores de M con alguna característica biológica de la especie (edad máxima teórica, edad de primera madurez, talla máxima teórica, parámetros de crecimiento de la VBGF, etc..) considerando o no determinados parámetros ambientales del lugar donde vive.

La totalidad de estas estimaciones se realizaron en base a relaciones encontradas en poblaciones de peces, por lo que las relaciones fueron ajustadas para las tallas

---

calculadas en centímetros; así vemos que Beverton y Holt (1956) encontraron una relación entre M y la edad máxima teórica de la especie de la forma:

$$M = 5 / T_{\max.}$$

Taylor (1958) establece una relación partiendo de la base de que el 5% de los individuos llega a alcanzar el 95 % de la edad máxima, siendo del tipo:

$$M = 2.996 / T_{95\%};$$

posteriormente Taylor (1959) establecería una relación en base a los parámetros de crecimiento de la VBGF que es de la forma:

$$M = 2,996 K / 2,966 + K * t_0.$$

Posteriormente Tanaka (1960) estableció una relación similar a la de Beverton y Holt (1953) que resultó ser de la forma:

$$M = 3 / T_{\max.}$$

Otros autores (Rikhter y Evanof, 1976) han relacionado la mortalidad natural con la edad de primera madurez al 50 % de la forma:

$$M = 1.521 / (T_{m50})^{0,720} - 0.155.$$

Más recientemente, Pauly (1980) tras estudiar 175 poblaciones explotadas de peces, estableció una relación múltiple entre los parámetros de crecimiento de la VBGF y la temperatura media de las aguas en que se encuentra la población, siendo:

$$\log_{10} M = - 0.0066 - 0.279 \log_{10} L_{\infty} + 0.6543 \log_{10} K + 0.4634 \log_{10} T$$

en esta línea Djabali *et al* (1993; 1994) reajustaron el modelo propuesto por Pauly (1980) a las especies ícticas del Mediterráneo, estudiando 56 poblaciones de peces Mediterráneos, en lo que denominaron una “estimación regional de la mortalidad natural”, siendo:

$$\log_{10} M = 0.0278 - 0.1172 \log_{10} L_{\infty} + 0.5092 \log_{10} K$$

en esta expresión se ha eliminado el término correspondiente a la temperatura, al haber realizado el ajuste sobre un rango de temperaturas comprendido entre 13° C y 19° C, que se supone que es el rango de variación de temperaturas en el Mediterráneo.

Debido a que todos estas relaciones se calcularon para peces, con la entrada de datos de tallas en centímetros, se ha optado por transformar las tallas cefalotorácicas en milímetros a tallas totales en centímetros según las relaciones propuestas por Arrobas y Ribeiro-Cascalho (1987), que son de la forma:

$$\text{Machos ; } Lt = 5,78125 * Lc^{0,83527}$$

$$\text{Hembras; } Lt = 6,47888 * Lc^{0,79518}$$

La no transformación de los datos de entrada de longitud cefalotorácica a longitud total, conllevaría un importante sesgo, que ha sido comprobado en las dos últimas relaciones propuestas.

Asimismo se realizó el cálculo de la tasa instantánea de mortalidad total ( $Z$ ) para *A. antennatus* aplicando una Curva de Captura, sobre una distribución promedio de los datos de captura mensual para los años comprendidos entre 1995 y 1998 en el Golfo de Alicante, ajustando las capturas por clase de talla por medio del programa de cálculo FISAT (Gayanilo *et al.*, 1994).

#### **4.5.3. Resultados**

En la Tabla 4.21 se exponen los resultados de los distintos cálculos de la mortalidad natural, según las propuestas de diferentes autores. Los valores obtenidos varían mucho según el método de cálculo aplicado; así encontramos desde valores de 0.38 hasta valores de 1.77 lo que representa un abanico de posibilidades muy amplio; en general los valores de  $M$  obtenidos para los machos resultan más altos que los de las hembras, mostrando pequeñas diferencias entre zonas para cada autor. Los métodos de cálculo de la tasa instantánea de mortalidad natural ofrecen tasas elevadas en los casos de Rikher-

Evanof (1976), Beverton & Holt (1956) y Tanaka (1960), mientras que los de Taylor (1959), Pauly (1980) y Djabali *et al.* (1994), que aplican parámetros de la VBGF en sus cálculos, oscilan entre valores más moderados.

**Tabla 4.21.- Resultados de la tasa de mortalidad natural (M) calculada para machos y hembras en función de los distintos valores de cada zona y según distintos autores.**

Zona	Golfo de Alicante		Canal de Ibiza		Golfo de Vera	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Autor						
Beverton & Holt (1956)	1.67	0.83	1.67	1.00	1.25	1.00
Taylor (1959)	0.38	0.38	0.40	0.38	0.37	0.41
Tanaka (1960)	1.00	0.50	1.00	0.60	0.75	0.60
Rikher-Evanof (1976)	1.67	1.59	1.77	1.75	1.57	1.74
Pauly (1980)	0.56	0.52	0.56	0.54	0.54	0.53
Djabali <i>et al.</i> (1994)	0.40	0.39	0.41	0.40	0.40	0.40

**Tabla 4.22.- Comparación entre distintas estimaciones de M según Pauly (1980) y Djabali *et al.* (1994), según se introduzcan los datos de talla de caparazón (mm) o su transformación a longitud total (cm) según las relaciones de Arrobas y Ribeiro-Cascalho (1987).**

Zona	autor	Lc (mm)		Lt (cm)	
		machos	hembras	machos	hembras
Golfo de Alicante	Pauly (1980)	0.56	0.52	0.71	0.66
	Djabali <i>et al.</i> (1994)	0.40	0.39	0.44	0.43
Canal de Ibiza	Pauly (1980)	0.56	0.54	0.79	0.78
	Djabali <i>et al.</i> (1994)	0.41	0.40	0.47	0.47
Golfo de Vera	Pauly (1980)	0.54	0.53	0.76	0.77
	Djabali <i>et al.</i> (1994)	0.40	0.40	0.46	0.47

La importancia de la elección de introducir los datos de talla como longitud de caparazón o como longitud total en centímetros queda de manifiesto en la Tabla 4.22 en la que se exponen los distintos resultados obtenidos en el caso de la fórmula de Pauly



(1980) y en la de Djabali *et al.* (1994), resultando menos sensible a la variación de los parámetros de talla de este último autor.

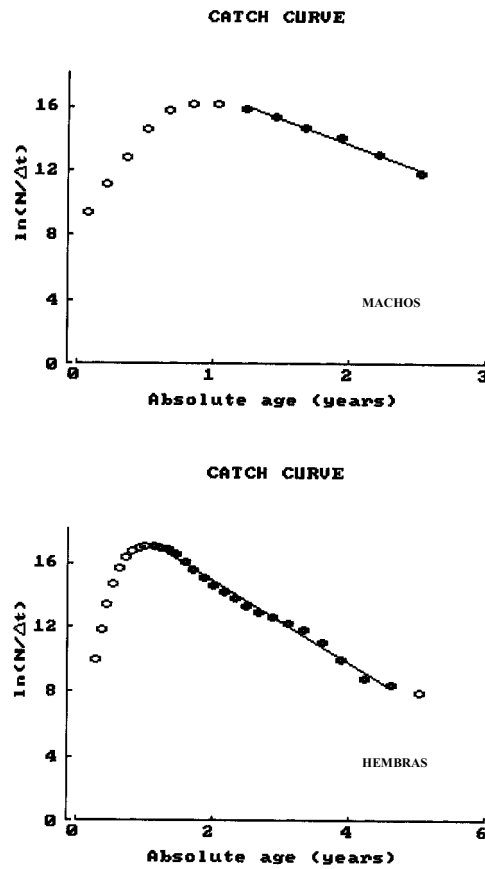


Figura 4.25.- Curvas de Captura de machos (arriba) y hembras (abajo) de *A. antennatus* para capturas del Golfo de Alicante.

En el cálculo de la tasa instantánea de mortalidad total ( $Z$ ), se han obtenido valores de  $Z$  de alrededor de 3.0 para los machos y de 2.5 para las hembras, (Fig.4.25) valores que resultan considerablemente altos, en razón de los valores de  $M$  encontrados en este Apartado.

#### **4.6. Discusión**

Las distribuciones de tallas de las capturas de *A. antennatus* obtenidas en los diferentes Caladeros por medio de embarques, muestran diferencias entre sí en rangos y medias, siendo las medias significativamente diferentes entre las distintas zonas, tanto si consideramos los sexos separados como en conjunto; en las zonas prospectadas se mantiene una alta proporción de hembras en las capturas.

En el caso del seguimiento de las tallas de los desembarcos de las flotas comerciales, las tallas de las capturas muestran unos rangos de tallas y una talla media similares, aunque con mayor presencia de tallas pequeñas, a los encontrados en otros trabajos en zonas próximas por Demestre (1989) y Demestre y Martín (1993) en Cataluña, Martínez-Baños *et al* (1990) y Martínez-Baños (1997) en Murcia y por Carbonell *et al* (1999) en Baleares, resultando en todos los casos inferiores los valores de los machos, por lo que se evidencia una vez más el dimorfismo de tallas para la especie. Por zonas, las menores tallas medias se encuentran en el Golfo de Alicante y las mayores en el Golfo de Vera, siendo el Canal de Ibiza un intermedio entre ambas zonas. A pesar de las diferencias de rangos en las distribuciones de talla anuales, observadas entre las distintas zonas y años, la comparación entre las distintas frecuencias anuales para cada sexo no muestra diferencias significativas entre muestras, salvo en el caso de las obtenidas en el Canal de Ibiza y las obtenidas en el Golfo de Vera. A lo largo del periodo de muestreo y dentro de cada zona, la similaridad entre las distribuciones anuales es alta, coincidiendo por lo expuesto por Martínez-Baños (1997) para las zonas de Murcia, Almería y Cataluña, y con Carbonell *et al* (1999) para Baleares, lo que sugiere una estabilidad del patrón de explotación y de la estructura de la población explotada a lo largo del tiempo dentro de cada zona. Sin embargo las diferencias observadas en las tallas medias del periodo estudiado resultan significativas entre las distintas zonas, existiendo una clara diferencia

entre la estructura de la población explotada entre el Canal de Ibiza y el Golfo de Vera, en contra de lo observado por Martínez-Baños (1997), que no encuentra diferencias entre Murcia, Almería y Canal de Ibiza. Toda vez que el patrón de explotación no muestra grandes diferencias entre las zonas, las diferencias observadas en las medias, en los rangos y en las distribuciones de las frecuencias de tallas anuales entre las distintas zonas podrían deberse a pequeñas diferencias en los patrones de explotación, fundamentalmente en cuanto a los rangos de profundidad de explotación habituales para cada zona, siendo en el Golfo de Vera más profundos que en el Canal de Ibiza, así como a posibles diferencias de crecimiento entre zonas. La proporción sexual está dominada por las hembras, sobre todo en el Canal de Ibiza que es la zona donde menos machos aparecen en la captura. La evolución mensual de las tallas medias de las capturas muestra, tanto para los machos como para las hembras, disminuciones en meses concretos (junio-agosto), en el Canal de Ibiza y en el Golfo de Vera, que podría atribuirse a la incorporación a la pesquería de mayor número de individuos de pequeño tamaño, en un proceso tal vez relacionado con el inicio de la época de reproducción. Sin embargo Tobar y Sardá (1987) observan esta disminución de las tallas medias desde septiembre a marzo, en aguas de Cataluña, de manera similar a lo observado por Carbonell *et al* (1999) en aguas de Baleares, mientras que Arrobas y Ribeiro-Cascalho (1987) lo destacan en septiembre-diciembre en aguas del sur de Portugal.

Los parámetros de la relación Talla-Peso estimados en este trabajo no resultan muy diferentes de los calculados por otros autores (Tabla 4.23), observándose que los valores del coeficiente de alometría  $b$  son inferiores a 3, sobre todo en los machos. En nuestro caso el coeficiente  $b$ , resulta ser significativamente distinto de 3, indicando una alometría negativa significativa en el crecimiento de la gamba del Mediterráneo a lo largo de su desarrollo, resultando ligeramente más robustos los ejemplares grandes que los pequeños

y las hembras que los machos. Estos valores de  $b$  varían según los autores y las zonas entre 2,386 y 2,596 en las hembras y entre 2,14 y 2,50 en machos; en nuestro caso varían entre 2,459 y 2,563 en hembras y entre 2,259 y 2,532 en machos, estando comprendidos en los rangos propuestos por otros autores. Los resultados obtenidos con el ANCOVA demuestran unas diferencias significativas entre las curvas del crecimiento relativo; existen diferencias de crecimiento entre los machos y las hembras (factor sexo), siendo significativas tanto si consideramos las pendientes como las medias ajustadas, de manera similar a lo señalado en algunos pandálidos, como *Plesionika heterocarpus* (Sanz, 1986) y *P. edwardsi* (García-Rodríguez *et al*, 2000). Asimismo se observan diferencias de crecimiento, tanto para los machos como para las hembras, de carácter espacial ya que existen diferencias entre las tres zonas estudiadas. En el caso del factor temporal vemos que, entre los distintos años dentro de cada zona, no se rechaza la hipótesis nula, aunque el valor de  $p$  no resulta significativo al 95% en el caso de las pendientes, o si se rechaza (caso de las medias ajustadas) lo es con valores bajos de  $f$ , con lo que el crecimiento parece ser similar en los distintos años, para cada zona y sexo, coincidiendo con lo expuesto por Carbonell *et al* (1999) para los machos en Baleares; sin embargo cuando consideramos el factor mes sí observamos diferencias significativas para cada zona y sexo. De lo anteriormente expuesto se desprende que el crecimiento relativo en *A. antennatus* es diferente entre los machos y las hembras, siendo distinto entre las zonas de estudio, manteniéndose más estable, dentro de sexos y zonas, a lo largo de los años y mostrando una variabilidad mensual, aunque este último punto puede atribuirse a la incidencia que el desarrollo gonadal durante la época reproductora tiene en la relación Peso-Talla.

El crecimiento de los crustáceos, en general, se produce en un espacio de tiempo situado entre mudas del exosqueleto; este exosqueleto, tanto los de tipo quitinoso como los de tipo

calcificado, resulta una estructura rígida que protege al individuo de las agresiones externas y, a la vez, constriñe su crecimiento. Es por ello que, periódicamente, se lleva a cabo un proceso por el cual el epitelio externo del individuo (epidermis) se separa del exosqueleto, perdiéndolo. Comienza pues una etapa, hasta el endurecimiento final del nuevo exosqueleto, en que el animal crece, interrumpiendo el proceso al alcanzar la rigidez necesaria. El crecimiento de una especie viene condicionado por el número de ocasiones en que es capaz de repetir el proceso a lo largo de periodo vital y de la velocidad de crecimiento que pueda desarrollar en ese periodo intermudas.

En nuestro caso, parece existir una tendencia a encontrar proporcionalmente más individuos recién mudados (postecdisis) en los ejemplares de mayor talla, con una clara relación directa talla individuo-frecuencia individuos mudados en el caso de los machos, y una relación inversa entre la contribución de cada clase de talla y la frecuencia de intermudas que aparecen en cada clase. Una explicación inmediata a este hecho puede residir en que, conforme el individuo es más viejo, el crecimiento se ralentiza, durando más tiempo el intervalo intermudas que en los jóvenes, con lo que se acumularían las frecuencias en las tallas de mas edad.

Por otra parte existe una sincronía machos-hembras en la muda, realizándose con una periodicidad bimensual, lo que daría un total de seis mudas anuales. La cadencia de mudas sería: Enero-Marzo-Mayo-Julio-Septiembre-Noviembre. Basándose en el desarrollo setal en los pleópodos, Sardá y Demestre (1985), determinaron una duración del periodo entre mudas de 46 días, detectando sincronía en la muda para distintas clases de talla de hembras (Sardá y Demestre, 1985; 1987). En este trabajo la precisión alcanzada no es tan alta, ya que se ha empleado la determinación macroscópica; el empleo de esta técnica conlleva la asunción de trabajar con bajos porcentajes de individuos ya que, los individuos con caparazón blando son escasos en el medio natural. Este hecho podría ser atribuido a

modificaciones del comportamiento de los individuos recién mudados que, al sentirse más vulnerables, se entierran en el fango, disminuyendo su capturabilidad; más plausible parece la opinión de Demestre (1990) que atribuye la escasa proporción de individuos en postecdisis a una corta duración (24-48h) del periodo de “caparazón blando” o postecdisis antes de entrar en los estadios de intermuda y proecdisis. Cabe destacar el hecho de que, a lo largo de todo el año, es posible encontrar individuos “blandos”, tanto machos como hembras, coincidiendo con lo observado por Demestre (1990), no interrumpiéndose el proceso de muda ni durante la época de reproducción de la especie. Con respecto a la frecuencia de mudas, Relini *et al* (2000) recapturaron un individuo marcado y, en el mes transcurrido desde el marcado hasta la recaptura (Mayo-Junio), no se había producido la muda lo que corrobora las estimaciones realizadas por Sardá y Demestre (1985) así como los resultados obtenidos en este trabajo. De los resultados presentados en este apartado se deduce que el proceso de mudas está presente a lo largo de todo el año, de manera mas patente en los machos, pudiendo cifrarse el periodo intermudas en unos 60 días mostrando, por tanto, una periodicidad bimensual y una sincronía para ambos sexos.

Con respecto a las estimaciones realizadas de los parámetros de la VBGF, vemos que los resultados obtenidos en esta Memoria resultan similares a los obtenidos por otros autores (Tabla 4.24); en el caso de los machos los rangos de variación de las  $L_{\infty}$  están comprendidos entre un mínimo de 50 mm de Cl y un máximo de 58 mm de Cl, mientras que la hembras están comprendidas entre 73 mm y 77 mm de Cl de mínimo y máximo respectivamente, estando, estos resultados, comprendidos dentro de los rangos propuestos por otros autores, aunque en la parte superior de los valores. En el caso de los valores calculados para la tasa de Crecimiento K, nos encontramos en la misma situación ya que tanto los valores mínimos propuestos de K para machos (0,31) y Hembras (0,38) así como los máximos (0,40 y 0,50 para machos y hembras respectivamente) se encuentran dentro

de los límites propuestos en otros trabajos, aunque situándose en la parte superior de esos valores. Los ajustes de t realizados en esta Memoria dan valores comprendidos entre -0,001 y -0,69, valores próximos a cero, mientras que otros autores llegan a proponer ajustes superiores a -1, lo que “a priori” resulta un poco forzado.

**Tabla 4.23.- Valores de los parámetros de la relación potencial Peso-Talla calculados por diversos autores para *A. antennatus*, por sexos y en distintas zonas.**

Zona	Sexo	a	b	r <sup>2</sup>	Autor
	machos	-	-	-	
Golfo de León	hembras	0,00262	2,436	0,921	Campillo (1994)
	machos	0,00402	2,31769	0,956	
Cataluña	hembras	0,00264	2,46604	0,970	Demestre (1993)
	machos	0,00511	2,1470	0,828	
Mallorca	hembras	0,00299	2,4139	0,902	Carbonell (1994)
	machos	0,0033	2,3765	0,9357	
Mallorca	hembras	0,0025	2,4600	0,9712	Carbonell <i>et al</i> (1999)
	machos	0,00335	2,3774	0,904	
Canal de Ibiza (1992)	hembras	0,00207	2,5265	0,969	Martínez-Baños (1997)
	machos	0,00532	2,25024	0,929	
Valencia	hembras	0,00354	2,38581	0,982	Demestre (1993)
	machos	0,002193	2,500965	0,957	
Murcia (1991)	hembras	0,001665	2,595496	0,979	Martínez-Baños (1997)
	machos	0,004626	2,295731	0,924	
Almería (1992)	hembras	0,002848	2,453125	0,971	Martínez-Baños (1997)
	machos	0,002274	2,48196	0,974	
Sur Portugal	hembras	0,002280	2,49361	0,996	Arrobas y Ribeiro-Cascalho (1987)

Por otra parte, las modas relacionadas con clases de edad, resultan similares a las propuestas por Sardá y Demestre (1987) y por Martínez-Baños (1997), con lo que los machos alcanzarían los 21 mm de Lc en el primer año y las hembras los 29 mm de Lc en el mismo tiempo, lo que podría representar una esperanza de vida de tres años para los machos y de cuatro años para las hembras, aunque estos autores llegan a identificar cuatro

clases en los machos y cinco en las hembras, cosa que en este trabajo no ha sido posible por este método.

Los valores del Índice de Rendimiento del Crecimiento ( $\phi'$ ), muestran valores similares dentro de cada sexo, para cada zona, resultando más elevados los de las hembras, lo que sugiere que las estimaciones de los parámetros de crecimiento no sufren sesgos importantes (Munro y Pauly, 1983; Pauly y Munro, 1984; Sparre *et al*, 1989) y que los crecimientos de cada sexo son similares en las distintas áreas. Martínez-Baños (1997) llegó a las mismas conclusiones que las que se han alcanzado en esta Memoria, utilizando la longitud de cefalotórax y logaritmos neperianos; al objeto de establecer comparaciones con sus datos, se calcularon los valores de  $\phi'$  según la metodología por él empleada, obteniéndose para los machos valores comprendidos entre 6,84 y 7,05 y de 7,56 a 7,72 para las hembras, resultando similares, aunque ligeramente superiores, y manteniendo la misma tendencia que los presentados por este autor. Cabe concluir diciendo que, las diferencias observadas en el crecimiento absoluto, dentro de cada sexo y entre las zonas, pueden estar influidas por el hecho de que los cálculos se realizan, en general, sobre distribuciones de tallas, mensuales o anuales, construidas a partir de datos de explotación comercial; si bien la explotación del recurso se realiza de manera similar en las distintas zonas, pequeñas diferencias en los patrones de explotación, tales como rangos de profundidad de explotación y características del arte empleado, podrían tener reflejo en la imagen que de la población se obtiene en las diferentes zonas, aunque el hecho de existir diferencias significativas en los crecimientos relativos de *A. antennatus* en las tres zonas de estudio, parece tener mayor importancia.

Las diferencias en crecimiento y tallas, significativas entre zonas a lo largo de los años, y considerando que la estabilidad ambiental en que se encuentra la especie es alta, englobada en las Aguas Levantinas Intermedias (Cap.2), se sugiere la posibilidad de que



las poblaciones estudiadas mantengan un aislamiento entre ellas, constituyendo poblaciones independientes en cada zona. Esta posibilidad podría ser común en otras zonas del Mediterráneo, tal como han sugerido Orsi-Relini y Relini (1994) para el Mar Ligure. Sin embargo Sardá *et al* (1998) atribuyen las diferencias morfométricas encontradas entre ejemplares de distintas zonas del Mediterráneo, a adaptaciones morfológicas ecofenotípicas, ya que no encuentran diferencias genéticas entre los ejemplares analizados. Los Autores admiten que estudios adicionales, basados en marcadores genéticos más sensibles que los presentados en su trabajo, podrían permitir un análisis más profundo de las diferencias genéticas existentes entre las supuestas poblaciones de gamba roja ya que, de los quince loci analizados en el trabajo, sólo cinco mostraron alguna variante alélica, y de éstos, sólo dos fueron polimórficos; por otro lado, los valores de heterozigosidad estimados se encuentran entre los más bajos conocidos hasta el momento. Incluso considerando que los sistemas enzimáticos seleccionados por Sardá *et al* en su estudio fuesen los adecuados y que, por tanto, los resultados fuesen representativos, la ausencia de diferencias genéticas significativas entre las muestras no tiene por qué implicar que las diferencias morfológicas no tengan base genética. En ocasiones, no ya dos poblaciones, sino dos especies han sido establecidas como tales, pese a presentar un 99 % de homología en sus secuencias de ADN, en base a diferencias de comportamiento, morfológicas y de pigmentación. En casos como éste, se ha comprobado que las diferencias existentes están controladas por un número relativamente pequeño de genes: de 15 a 19 genes mayores (Sene y Carson, 1977). En cualquier caso, es importante tener en mente el concepto de población, definida como un grupo local que pertenece a una especie, dentro de la cual ocurren apareamientos real o potencialmente (Klug y Cummings, 1997). Bajo este prisma, parece poco probable que muestras del Atlántico y las del Mediterráneo pertenezcan a la

misma población, considerando que, dentro del Mediterráneo, las diferencias de tallas y de crecimientos detectadas en esta Memoria, así como las diferencias morfométricas detectadas por Sardá *et al* (1998) junto a la estabilidad del medio en que se encuentra la especie, refuerzan la hipótesis Orsi-Relini y Relini (1994) sobre la existencia de varias poblaciones aisladas entre sí en el Mediterráneo.

**Tabla 4.24.- Valores de los parámetros de la relación de crecimiento de Von Bertalanffy (VBGF) calculados por diversos autores para *A. antennatus*, por sexos y en distintas zonas.**

Zona	Sexo	$L_{\infty}$	K	$t_0$	Autor
	Machos	-	-	-	
Canal de Sicilia	Hembras	72	0,450	-	Ragonese y Bianchini (1992)
	Hembras	69,1	0,530	0	Ragonese y Bianchini (1996)
Sur del Mar Tirreno	Machos	-	-	-	
	Hembras	69,4	0,330	-	Arculeo <i>et al</i> (1994)
Golfo de León	Machos	-	-	-	
	Hembras	63,5	0,520	-0,25	Campillo (1994)
Cataluña	Machos	54,0	0,250	-0,50	
	Hembras	76,0	0,30	-0,07	Sardá y Demestre (1987)
Mallorca	Machos	46,0	0,47	0,13	
	Hembras	74,0	0,38	0,07	Carbonell (1994)
Mallorca	Machos	44.0-46.0	0.39-0.531	0.0359-0.1286	
	Hembras	73.0-74.0	0.364-0.521	0.00556-0.15731	Carbonell <i>et al</i> (1999)
Canal de Ibiza (1991)	Machos	44,0	0,24	-1,21	
	Hembras	75,0	0,25	-0,33	Martínez-Baños (1997)
Murcia (1991)	Machos	52,0	0,27	-0,91	
	Hembras	75,0	0,38	-0,05	Martínez-Baños (1997)
Argelia	Machos	40,0	0,45	-	
	Hembras	70,0	0,37	-	Yahiaoui (1994)
Sur Portugal	Machos	45,0	0,26	-1,14	
	Hembras	75,4	0,36	-0,30	Ribeiro-Cascalho (1988)

El ciclo reproductivo de *A. antennatus* muestra diferencias entre los sexos: Así vemos que los machos mantienen un porcentaje medio de individuos maduros a lo largo de todo el año, alrededor del 80 %, aumentando la proporción de maduros a finales de primavera y verano, hasta alcanzar el 100 % coincidiendo con el inicio de la maduración de las

hembras. Este alto porcentaje de machos maduros presentes a lo largo del año no sólo se debe a que los caracteres morfológicos elegidos como determinantes de la maduración estén presentes en esos porcentajes, sino a que la especie mantiene la espermatogénesis en activo a lo largo de todo el año (Demestre, 1990; Demestre y Fortuño, 1992). Por otra parte los machos inmaduros aumentan ligeramente sus proporciones en los meses de marzo-abril (justo al inicio de la época reproductiva de las hembras) y en noviembre, justo al finalizar la misma, disminuyendo después al comenzar el masivo y sincrónico acortamiento del *rostrum* (Sardá, 1986) en Abril. Estos incrementos de individuos juveniles corresponderían con la incorporación a las áreas reproductivas, de machos inmaduros procedentes de zonas más profundas, reclutamiento al área, para participar en la época de reproducción en el primer caso, y sin aparente explicación en el segundo, aunque en este caso coincidiría con las observaciones de Carbonell *et al* (1999) para Mallorca (Marzo-Septiembre) mientras que Arrobas y Ribeiro (1987) para Portugal y Tobar y Sardá (1987) para Cataluña, detectan un único reclutamiento a finales de verano y otoño.

En el caso de las hembras, se observa un incremento de las proporciones de hembras con espermatóforo implantado en la primavera, aumentando hasta el 100 % en el verano y disminuyendo nuevamente en el otoño y desapareciendo a partir en invierno. En todas las zonas estudiadas se observa un pequeño incremento de las proporciones de hembras fecundadas en el mes de enero. De este modo se observa una sincronía entre la incorporación de juveniles y el comienzo de la fecundación, masiva en verano y residual en enero, con un desfase de unos dos meses. Por otra parte las proporciones de hembras se mantienen a lo largo de todo el año, y en todas las zonas, en una situación de clara dominancia, superando numéricamente a los machos sobre todo en la época de reproducción. Es destacable el hecho de que las proporciones más bajas de hembras se

den en los meses de marzo y de noviembre, meses en los que aumentaban las proporciones de machos inmaduros, con lo que se refuerza la hipótesis de la incorporación de individuos inmaduros al área y que la variación de porcentajes de inmaduros no se debe a una redistribución de las proporciones de maduros-inmaduros entre los machos, sino a un incremento numérico de los inmaduros. Con respecto a la época de reproducción, tanto los porcentajes de madurez, de fecundación y de actividad-puesta, definen claramente la época de puesta al final de la primavera y verano, con especial intensidad en los meses de junio a septiembre, de modo similar en las tres zonas estudiadas.

Esta situación es común a toda la costa mediterránea española, según lo señalado por otros autores (Sardá y Demestre, 1987; Demestre, 1990; Martínez-Baños, *et al* 1990; Demestre y Martín, 1993; Martínez-Baños, 1997; Carbonell *et al*, 1999), mientras que en el Atlántico portugués comenzaría y finalizaría un mes antes (Arrobas y Ribeiro, 1987) y en el mar Lígur el inicio y el final de la época de puesta se retrasaría un mes (Relini-Orsi y Relini, 1979; Orsi-Relini y Semeria, 1983). Para Martínez-Baños (1997) estas diferencias entre el inicio y fin de la época de puesta entre las distintas zonas podrían ser una respuesta fisiológica de las poblaciones frente a las condiciones medioambientales particulares de cada zona, posiblemente influenciadas por la formación y circulación de Agua Profunda del Mediterráneo Occidental, que se formaría en invierno en el mar Lígur, circulando hacia el sur. Los desplazamientos estacionales que muestra esta especie también estarían relacionados con las fluctuaciones de ésta masa de agua, según Demestre y Martín (1993). Con los datos presentados en el Capítulo del Medio Físico de esta Memoria se deduce que el proceso reproductivo, así como los restantes procesos biológicos de la especie, tiene lugar en unas condiciones muy estables de temperatura y salinidad de las Aguas Levantinas Intermedias, de características similares a las Aguas Profundas (cuya

circulación no se conoce en detalle), por lo que la influencia de estas Agua Profundas en el desfase reproductivo entre las zonas no sería muy acentuada, pudiendo atribuirse mejor a desfases en el fotoperiodo entre las zonas.

Los valores de los índices gonadosomáticos de las hembras muestran diferencias entre los estados de maduración asignados, pasando desde valores mínimos en estado de reposo, hasta máximos en la puesta, disminuyendo nuevamente una vez realizada. La evolución temporal de estos valores es pues la misma que la de los estados de maduración a lo largo del año, haciéndose máximos durante los meses en que los porcentajes de hembras en puesta también lo son. En general el porcentaje de peso total que ocupa la gónada se mantiene más o menos fijo, con una ligera tendencia a aumentar, para todo el rango de talla en los distintos estados de maduración; es de destacar que la clase de talla de 20 a 25 mm de longitud de caparazón muestra valores y desviaciones mayores, sobre todo en los estados de inicio de maduración y maduración, que en el resto de tallas.

Con respecto a las tallas de primera madurez ( $L_{50}$ ) encontradas en este capítulo, de 16.81 mm de longitud cefalotorácica para machos y 21.68 mm de longitud cefalotorácica para hembras, resultan inferiores a las encontradas por otros autores en zonas próximas del Mediterráneo español (Tabla 4.25).

**Tabla 4.25.- Tallas de primera madurez sexual ( $L_{50}$ ) para machos y hembras de *A. antennatus*, propuestas por diferentes autores en distintas zonas del Mediterráneo español.**

Autor	Zona	Machos	Hembras
Sardá y Demestre (1987)	Cataluña	23	27
Demestre (1990)	Cataluña	20-21	24-27
Demestre y Martín (1993)	Cataluña	21	26
Carbonell (1994)	Baleares	20	26
Carbonell et al (1999)	Baleares	19.95-26.02	23.51-31.77
Martínez-Baños (1997)	Canal de Ibiza	20	24
Martínez-Baños (1997)	Murcia	20-22	24-27

Una de las causas a que obedece este hecho puede residir en la mayor contribución de tallas “pequeñas” al conjunto de las capturas de las que se encuentran en otras zonas, aumentando por consiguiente los porcentajes de estas clases de talla pequeñas y contribuyendo a desplazar las tallas de primera maduración hacia valores menores.

Otra de las causas, en el caso de los machos, podría residir en la consideración de los caracteres de madurez elegidos; el no haber considerado la presencia de ampolla terminal en las coxas del 5° par de pereiópodos, ni el estado de los canales deferentes, podría haber inferido tallas de madurez menores. Hemos de considerar que, tal como se expuso en Material y Método, sólo se consideró el acortamiento del rostro y la fusión del petasma como indicadores de madurez asumiendo que, una vez realizada la muda en la que éstos caracteres ya se presentan, la formación de la ampolla terminal tiene lugar antes de la siguiente muda con lo que la diferencia en talla del individuo es pequeña: Demestre y Fortuño (1992) encontraron algunos machos que, a pesar de tener los hemipetasma soldados, carecían de ampollas terminales; su estudio histológico mostró que la masa de esperma y las capas del hemiespermatóforo se encontraban presentes en la región media del “vas deferens”, por lo que, tanto morfológicamente como estructuralmente, eran machos maduros aunque no habían alcanzado la funcionalidad reproductiva. En nuestro caso se ha asumido que la precisión que aporta la presencia de la ampolla terminal y la valoración del estado de los canales deferentes, viene compensada por el mayor número de individuos muestreados macroscópicamente.

En el caso de las hembras, la metodología de muestreo ha sido la misma que en los otros estudios, aunque las tallas de maduración obtenidas en este Capítulo también resultan inferiores a las reportadas en otras zonas próximas. Demestre (1990) en su estudio de la oogénesis de *A. antennatus*, destaca que las hembras pueden alcanzar una primera maduración a los 24 mm de longitud de cefalotórax, a pesar de que la talla de primera

maduración al 50 % la determina, más adelante, en los 26 mm de Lc. En la presente Memoria, es de destacar el hecho que la talla de primera fecundación al 50% coincide con la talla de primera madurez al 50 %, así como el hecho de que en la clase de talla de 20 a 25 mm de longitud cefalotorácica de las hembras, los valores del índice gonadosomático muestren valores altos, con amplios rangos de variación, tanto en el estado de inicio de maduración, como en el de maduración y en menor medida en el de puesta, disminuyendo y estabilizándose después a lo largo de las tallas superiores. Esta descompensación inicial estaría debida precisamente a esa primera maduración ovárica de los individuos, más irregular que las siguientes, coincidiendo la talla de primera maduración propuesta con el punto medio de éste intervalo de talla, por lo que este hecho refuerza la hipótesis de una maduración "precoz" de las hembras con respecto a otros trabajos. En resumen, la determinación de tallas de primera madurez de menor tamaño, tanto en machos como en hembras, obedecería a la mayor contribución de tallas más pequeñas en las zonas estudiadas en la presente Memoria que a la registrada en otras zonas próximas.

La proporción de sexos, para cada zona y a lo largo del periodo de estudio, muestra una estructura similar entre las distintas zonas, dominando significativamente los machos en las tallas pequeñas, aumentando los porcentajes y siendo exclusivamente hembras por encima de los 38 mm de LC, apareciendo más hembras en el Canal de Ibiza, seguido del Golfo de Alicante y del Golfo de Vera. Además de las variaciones entre zonas, existen variaciones a lo largo del periodo de estudio: Estacionalmente se observa una disminución de la contribución de hembras en febrero- marzo, seguido de una lenta recuperación de las proporciones, que aumentan claramente desde mayo hasta agosto, comenzando a disminuir nuevamente, alcanzando el mínimo en noviembre. Esta dinámica es clara en las zonas de Alicante y de Vera, no siendo tan patente en la zona del Canal de Ibiza.

La amplitud de la gama de valores de mortalidad natural encontrados en este trabajo tiene su explicación en el hecho de que todas las formulaciones, procedentes de distintos autores, hayan sido calculadas en origen sobre poblaciones de peces. Hasta aquellas, de formulación más reciente y compleja, en las que intervienen parámetros de crecimiento de la VBGF y que consideran parámetros ambientales, como la temperatura superficial del agua incluso a nivel regional, muestran valores dispares.

Por otra parte la importancia de la elección del tipo de medida en las tallas de cálculo de estas funciones, longitud cefalotorácica o su transformación a longitud total en centímetros, tiene una gran influencia en la tasa de mortalidad calculada así, en la Tabla 4.26, los resultados encontrados por algunos autores hace sospechar que la elección de los datos de entrada no haya sido la adecuada.

Asimismo hemos de considerar que algunas herramientas, determinadas específicamente para peces, no parecen muy adecuadas en el caso de la especie que nos ocupa; así en el cálculo de la tasa instantánea de mortalidad total ( $Z$ ) se han obtenido tasas de mortalidad total elevadas que llevarían a adjudicar a componente de la explotación, tasa instantánea de mortalidad por pesca ( $F$ ), valores altos especialmente en el caso de los machos, del orden de 2.5 para machos y 2.0 para hembras. Sin embargo tanto el hecho de que la explotación sea conjunta, como que las diferencias de los valores de  $M$  entre sexos son pequeñas, llevan a la conclusión de la poca adecuación a la realidad de los valores de  $Z$  calculados por este método, debido a que la curva de captura muestra un perfil de explotación en domo, especialmente en las hembras esto es que los valores de  $\ln(N / \Delta t)$  disminuyen rápidamente en las edades más altas, en las que la capturabilidad es menor, lo que produce valores de  $Z$  sesgados.

Por lo tanto debemos concluir que, los cálculos de las tasas instantáneas de mortalidad realizados por métodos indirectos, deben de ser considerados como meras



aproximaciones a las verdaderas tasas de mortalidad de la especie. Sin embargo hemos de considerar que la especie objeto de esta Memoria ha de tener unas tasas instantáneas de mortalidad total más bajas que las que exhiben otros crustáceos de aguas más superficiales, que pueden oscilar entre 3.8 y 12.48 (Lucas, 1974; Klima, 1974; García, 1977; Le Reste, 1978; García y Le Reste, 1986) y que pueden presentar valores de  $M$  entre 1.2 y 5.4 como en el caso de peneidos litorales de vida corta (García y Le Reste, 1986) o entre 1.44 en machos y 1.17 en hembras (Ribeiro-Cascalho y Arrobas, 1987) o 1 y 1.5 para el conjunto de la población (Sobrino, 1998) en el caso de *Parapenaeus longirrostris*. Así podrían resultar más cercanas a las de otros crustáceos de aguas profundas, como *Aristeomorpha foliacea*, que muestra valores de  $Z$  entre 0.65 y 1.97 en hembras (Ragonese *et al.*, 1994; Spedicato *et al.*, 1994; Leonardi y Ardizzone, 1994; Yahiaoui, 1994) y de 0.79 en machos (Yahiaoui, 1994), con valores de  $M$  comprendidos entre 0.42 y 0.60 (Ragonese *et al.*, 1994; Spedicato *et al.*, 1994). Esta consideración se basa no sólo en el hecho de que ambas especies comparten área de distribución en gran parte del Mediterráneo, sino que en el transcurso de los muestreos realizados en la presente Memoria, no se han encontrado ejemplares afectados por parasitismo ni infección; este extremo ha sido observado asimismo por Demestre (1990) y por Demestre y Martín (1993) a lo largo de cinco años en el Mar Catalán y por Martínez-Baños (1997) en aguas de Murcia a lo largo de tres años.

**Tabla 4.26.- Resultados de la tasa de mortalidad natural (M) calculada para machos y hembras de *A. antennatus* para distintas zonas y según distintos autores.**

Zona	METODO Autor	Alagaraja (1984)		Taylor (1962)		Rithker y Evanof (1976)		Pauly (1980)		Djabali	
		machos	hembras	machos	hembras	machos	hembras	machos	hembras	machos	hembras
Sicilia	Ragonese y Bianchini, 1996	-	0.77	-	-	-	-	-	-	-	-
Cataluña	Demestre y Martín, 1993	-	-	0.24	0.30	0.98	1.11	0.42	0.44	-	-
Baleares	Carbonell <i>et al</i> (1999)	0.92103	0.76753	0.39481	0.36720	0.98091	0.76840	-	-	0.49623	0.45183
Ibiza	Martínez-Baños, 1994	-	-	0.25	0.26	1.36	1.36	0.42	0.39	-	-
Murcia	Martínez-Baños, 1997	-	-	0.23	0.35	1.36	1.38	0.44	0.50	-	-
Portugal Sur	Ribeiro y Cascalho, 1988	-	-	-	-	0.96	1.30	0.64	0.58	-	-

Otro de los factores a considerar son las tasas de depredación y el canibalismo que soporta la especie: Algunos estudios realizados sobre la alimentación de *A. antennatus* destacan el carácter endobentónico de las presas más frecuentes, no encontrando ningún indicio de canibalismo (Lagardère, 1972; Relini-Orsi, 1977; Cartes y Sardá, 1989; Cartes, 1990); otros estudios sobre trofismo de especies que comparten el hábitat de *A. antennatus*, indican que la depredación que se realiza sobre la especie es prácticamente nula (Relini Orsi y Wurtz, 1977; Lleonart *et al.*, 1990; Demestre, 1990, Campillo, 1994). Por todo ello hemos de considerar que las tasas instantáneas de mortalidad natural en *A. antennatus* deben ser relativamente bajas, inclinándonos en nuestro caso por los valores aportados por la aplicación de la “estimación regional” de Djabali *et al.* (1994), por resultar la menos afectada por las variaciones de los parámetros de talla, rindiendo valores medio-bajos de M, resultando los valores de los machos ligeramente superiores a los de las hembras (de vida más larga), dando valores más “coherentes” de Z cuando apliquemos las tasas instantáneas de mortalidad por pesca (F) que se consideran razonables.

## **5. EXPLOTACIÓN**

### **5.1. Introducción**

Tal como se ha expuesto en anteriores Capítulos, *A. antennatus* es una especie sometida a explotación pesquera desde la década de los 40 en España; en el Capítulo 3 de la presente Memoria, se ha efectuado una aproximación al medio pesquero que realiza la explotación, fundamentalmente recopilando datos por medio de embarques, así como, en el Capítulo 4, se ha descrito la biología de la especie. En el presente Capítulo se procederá a integrar la información disponible de la población para evaluar su estado de explotación: la metodología que se aplica en la evaluación de recursos marinos explotados es muy diversa, aplicándose uno u otro método en función de la información de que se dispone. En nuestro caso se ha optado por realizar varias aproximaciones, aplicando distintas metodologías, al objeto de obtener distintas imágenes del recurso.

Para ello en un primer apartado se realiza un análisis de las capturas obtenidas y del esfuerzo aplicado en conseguirlas, observando sus tendencias. Seguidamente se ha procedido a la estandarización de las capturas por unidad de esfuerzo de la flota que faena en el Golfo de Alicante, sobre una serie de ocho años (1992-1999) para obtener índices de abundancia del recurso y estudiar su tendencia. Finalmente se presenta un análisis de la explotación, aplicando Modelos Analíticos al objeto de determinar el estado de la explotación del recurso; en éste caso se ha analizado la dinámica de las poblaciones sujetas a explotación en cada una de las zonas estudiadas, en las que, a los datos obtenidos del estudio de la pesquería y de la estructura de las poblaciones, se han aplicado los datos que sobre crecimiento y biología reproductiva se han obtenido previamente. Con los resultados obtenidos se ha realizado una diagnosis del estado del recurso en las distintas zonas de estudio, estableciendo algunas recomendaciones para su gestión.

## **5.2. Capturas**

### ***5.2.1. Introducción***

Una de las primeras aproximaciones que se puede conseguir, cuando estudiamos una pesquería, consiste en el análisis de una serie histórica de capturas de la especie objeto de explotación. Este dato, por sí sólo, nos indica, a lo largo de una serie de años suficientemente larga, los avatares de la explotación, y su tendencia, según aumenten o disminuyan las capturas a lo largo de la serie histórica.

Sin embargo el dato de la captura obtenida, por sí sólo, puede resultar engañoso ya que no indica nada sobre la intensidad con que la explotación ha tenido lugar. Es por ello que los datos de capturas han de ir acompañados de alguna medida del esfuerzo que se aplicó en la obtención de dicha captura. La medida de esfuerzo más inmediata que se puede aplicar es la del número total de embarcaciones que intervinieron en la captura; sin embargo esta medida del esfuerzo resulta, por sencilla, poco precisa ya que las distintas embarcaciones han podido intervenir en la captura con distinta intensidad o dedicación.

Otra medida del esfuerzo aplicado en la consecución de una captura se puede establecer en el tiempo de pesca empleado en obtenerla, como por ejemplo días de pesca aplicados. Esta medida de esfuerzo puede resultar más indicativa del esfuerzo real aplicado; otras medidas de esfuerzo que suelen aplicarse están en función de las características de las embarcaciones (total de TRB de la flota, potencia total aplicada, etc..) o de los artes empleados (número de anzuelos totales, longitud de paños, etc..).

Sin embargo las mejores aproximaciones de un esfuerzo aplicado en la obtención de una captura se obtienen cuando se emplean índices relativos, relacionando la captura con el esfuerzo aplicado, obteniendo así una Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), que resulta una manera de estandarizar la captura obtenida a lo largo de un periodo.

El esfuerzo de pesca ( $f$ ) tiene dos componentes; el poder de pesca ( $P$ ) del arte utilizado (número de anzuelos o trampas utilizados, tamaño del arte de arrastre que puede utilizar el buque, capacidad de congelación etc.) y el tiempo de utilización de ese arte de pesca (número de mareas, o de días de pesca, o de horas pescando etc.), de modo que:

$$f = P * t$$

Por otra parte, el esfuerzo de pesca ( $f$ ) pretende ser un índice de la mortalidad por pesca ( $F$ ), ya que dos arrastres de pesca hechos con el mismo barco y con la misma duración mataran más proporción de la población que uno solo, dependiendo de la capacidad de captura del arte empleado:

$$f = q * F \quad (1)$$

siendo  $q$  el coeficiente de capturabilidad de un arte.

Si consideramos la Captura de un recurso ( $C$ ) como el producto de la mortalidad por pesca y de la abundancia media del recurso ( $\bar{B}$ ), tenemos que:

$$C = F * \bar{B}$$

$$C/F = \bar{B} \quad (2)$$

Sustituyendo  $F$  (2) por (1) tenemos:

$$C/f = q * \bar{B}$$

De esta manera vemos que la razón entre captura y esfuerzo, o captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es, por sí misma, un índice de la abundancia del recurso, que se relaciona con éste a través del coeficiente de capturabilidad ( $q$ ), de manera que:

$$CPUE = q * \bar{B}$$

Siendo  $B$  la expresión de biomasa del recurso, o bien se puede expresar en abundancia numérica ( $N$ ), con lo que la captura se expresaría en total de individuos.

Naturalmente la información que se puede obtener de estos datos depende directamente de la calidad y extensión en el tiempo de las series de captura-esfuerzo, lo cual no siempre resulta posible de obtener, siendo muchas veces de una precisión baja. En este sentido se ha realizado un esfuerzo en los últimos años, por parte de la Administración, para dotar a las Cofradías de los distintos puertos de medios informáticos para el registro y control de los desembarcos, permitiendo su almacenamiento y transmisión en tiempo real. Sin embargo en los años en que se recopilaban los datos de esta Memoria la situación era muy diferente, existiendo algunas Cofradías con un registro de datos, en papel, muy meticuloso y que prestaron todas las facilidades para su consulta, mientras que otras, dotadas de escasos medios e interés, carecían de registro de descargas pormenorizado, elaborando resúmenes mensuales a “grosso modo”. Por lo tanto esta situación tiene reflejo en la calidad de los datos recopilados, observándose algún puerto con gran calidad de datos, mientras que en algún otro hay que recurrir a aproximaciones para su estudio.

#### ***5.2.2. Material y Método***

Los datos analizados en este Apartado son los mismos que se presentaron en el Capítulo 3, Apartado de Medio Pesquero, y proceden de las Cofradías de los puertos de Santa Pola y de Garrucha; para ello se han recopilado los datos de desembarcos mensuales de gamba en estos puertos durante los años 1992, 93 y 94 (Ibiza y Vera) y de manera más exhaustiva (1992-2000) para Santa Pola en las capturas de origen en el Golfo de Alicante. Los datos empleados en este apartado fueron recogidos por la Red de Información y Muestreo (RIM) del Instituto Español de Oceanografía, obteniéndose del cotejo de las hojas diarias de venta en el caso del puerto de Santa Pola (Golfo de Alicante y Canal de Ibiza) y de los resúmenes mensuales suministrados por la Cofradía de Garrucha en el caso del Golfo de Vera.

Las relaciones y las tendencias establecidas entre los distintos parámetros considerados se han establecido por medio de regresiones lineales, ajustando por mínimos cuadrados, de la forma:

$$y = a + b x$$

siendo  $y$  la variable dependiente;  $x$  la variable independiente;  $a$  la ordenada en origen (cero en nuestro caso);  $b$  la pendiente.

Y aplicando:

$$y = y_0 + a x$$

siendo  $y_0$  la ordenada en el origen (captura del primer año de la serie) y  $a$  la pendiente para el caso de las tendencias: En ambos casos el ajuste se realizó por mínimos cuadrados.

### **5.2.3. Resultados**

La evolución de los valores mensuales de desembarcos habidos en el Puerto de Santa Pola a partir de capturas de gamba roja realizadas en la zona del Golfo de Alicante para el periodo estudiado, muestra (Fig. 5.1) grandes oscilaciones en los valores mensuales, aunque no se observa estacionalidad en los mismos, con una tendencia constante a lo largo del periodo de disminución de las capturas desembarcadas. La captura media anual fue de unas 100 tm, mientras que la captura media mensual fue de 7.01 tm, mientras que la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue de 27.7 kg/barco/día, según los datos recopilados para el periodo considerado.

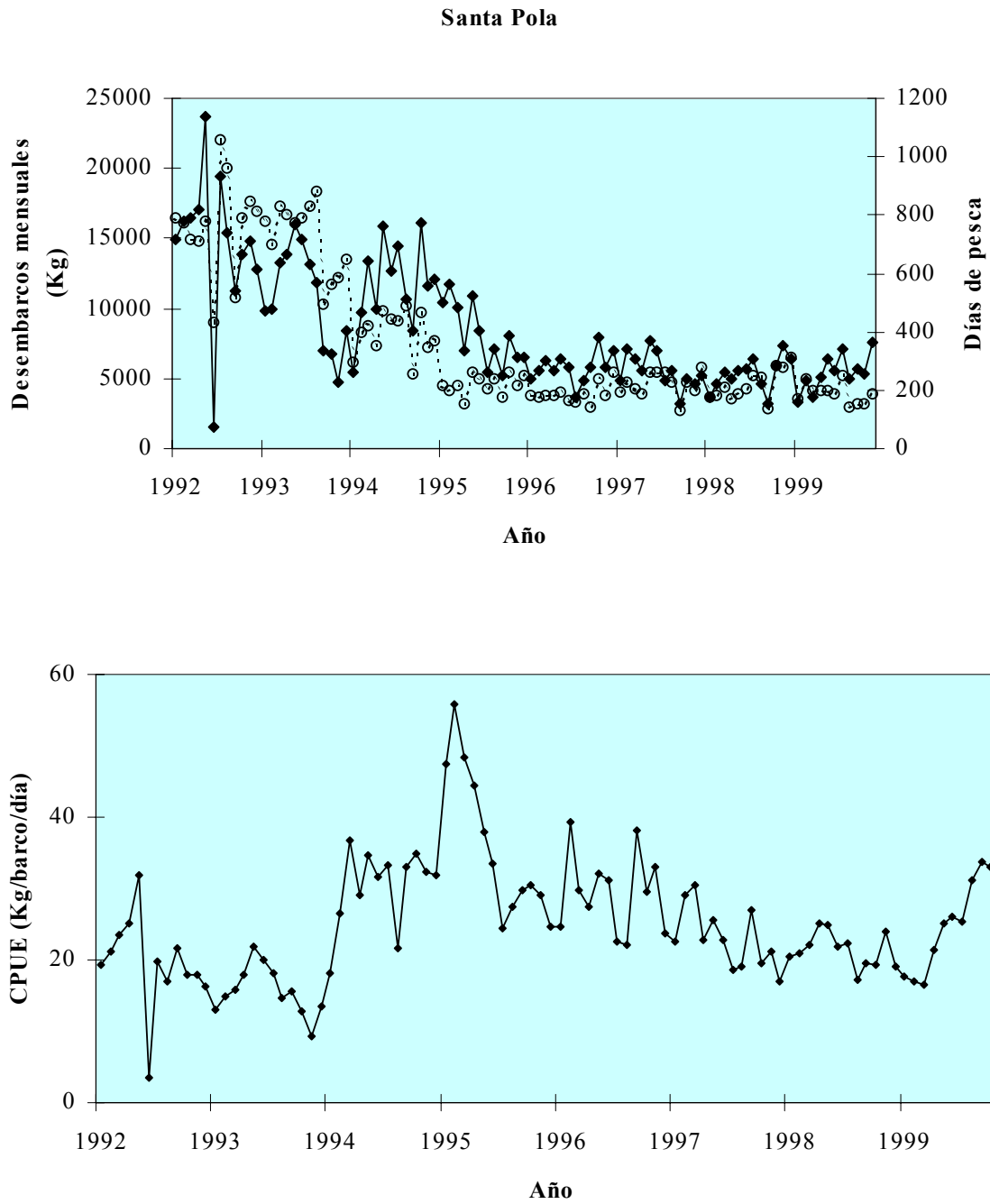
Se observa una tendencia decreciente en el volumen de desembarcos ( $y = 13\ 950 - 114.07 x ; r^2 = 0.53$ ), así como en el número de embarcaciones que participan en la pesquería ( $y = 37.745 - 0.2339 x ; r^2 = 0.48$ ) y en el número de días empleados en la captura ( $y = 704.44 - 7.0288 x ; r^2 = 0.63$ ); sin embargo la evolución de las CPUE muestra una tendencia positiva ( $y = 23.248 + 0.0397 x$ ) aunque de baja significación ( $r^2 = 0.016$ ) a lo largo del periodo considerado.

Tabla 5.1.- Parámetros de las regresiones lineales entre captura y esfuerzo de la serie histórica de capturas de *A. antennatus* en el puerto de Santa Pola y con origen en el Golfo de Alicante.

Golfo de Alicante					
	Periodo	a	b	r	r <sup>2</sup>
Captura-Barcos	Anual	0	2 307.49	0.76	0.57
Captura-Días	Anual	0	20.22	0.68	0.46
Captura-Barcos	Mensual	0	321.24	0.72	0.52
Captura-Días	Mensual	0	20.36	0.67	0.45

En la Figura 5.2 se presentan las relaciones existentes entre Captura y número de embarcaciones, así como entre Captura y días empleados en su obtención; se observa una tendencia a aumentar las capturas mensuales conforme aumenta el número de embarcaciones que intervienen en la misma ( $y = 334.65 x - 398.67$ ;  $r^2 = 0.52$ ), aunque se observa una gran dispersión de datos; la misma tendencia se observa en la relación con respecto a los días empleados en la captura ( $y = 14.065 x + 3312.1$ ;  $r^2 = 0.63$ ).





**Figura 5.1.-** Evolución mensual de los desembarcos (línea continua) y días de pesca empleados en la captura (línea discontinua) de *A. antennatus* en el Golfo de Alicante y desembarcados en el puerto de Santa Pola (arriba). Evolución de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) expresadas en kg por barco y día de *A. antennatus* en el mismo puerto y período (abajo).

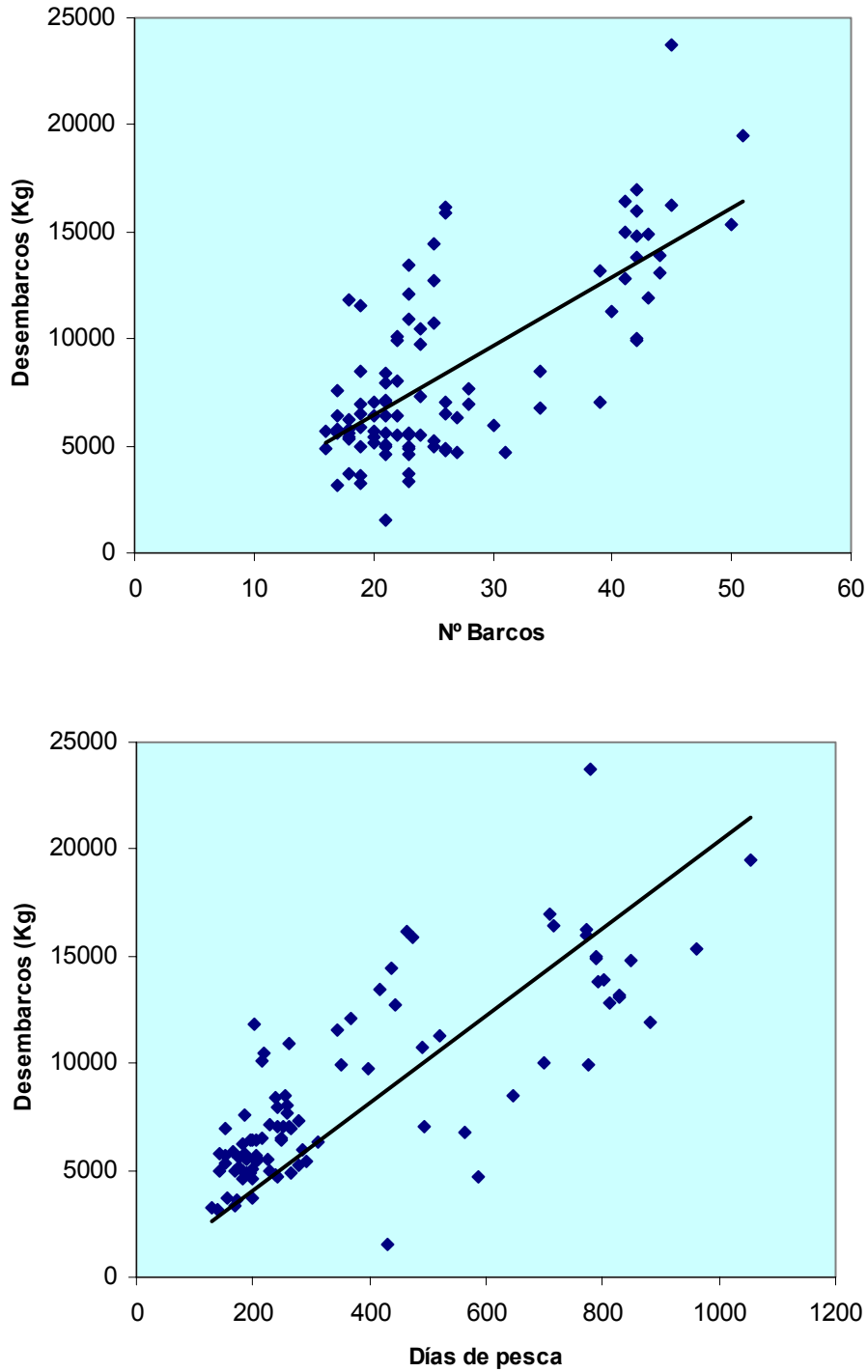


Figura 5.2.- Regresión lineal entre las capturas de *A. antennatus* procedentes del Golfo de Alicante y desembarcadas en el puerto de Santa Pola frente al total de embarcaciones que participaron en la captura (arriba) y frente a los días de pesca totales empleados en su consecución (abajo), en el periodo considerado.

En el caso de las capturas obtenidas en el Canal de Ibiza, y para el puerto de Santa Pola, los valores mensuales de los desembarcos de gamba roja muestran grandes variaciones (Fig. 5.3 arriba), aunque tampoco señalan una clara estacionalidad de las capturas. La captura media anual fue de unas 23.5 tm, con una captura media mensual de 2.06 tm, mientras que la CPUE fue de 29.12 kg/barco/día, según los datos recopilados en el periodo considerado (1992-1994). Los desembarcos obtenidos guardan una buena correlación con los días de pesca empleados en su captura, aunque no sea así con los valores de CPUE obtenidos, quizá debido a la variación en el número de embarcaciones que han operado en la zona (Tabla 5.2): Durante el año de 1993 se contabilizaron un total de 50 embarcaciones que desarrollaron actividades de pesca de gamba roja en la zona del Canal de Ibiza; sin embargo en años posteriores se aplicó una limitación del número de licencias para faenar en la zona, quedando reducida la flota a unas 22 embarcaciones anuales en promedio. Casi la totalidad de estas embarcaciones desembarcaron sus capturas en los puertos de Alicante, Villajoyosa y Santa Pola, a pesar de que tuvieran sus puertos base en otros lugares de la zona (Altea, Jávea, Calpe, Denia...). En el puerto de Santa Pola, y para el periodo considerado, se registró una media de 6 barcos al mes ( $SD=2.2$ ) que desembarcaron sus capturas procedentes del Canal de Ibiza.

Se observa una tendencia decreciente en el volumen de desembarcos ( $y = 2665.7 - 32.553 x ; r^2 = 0.075$ ), así como en el número de embarcaciones que participan en la pesquería ( $y = 101.37 - 1.439 x ; r^2 = 0.147$ ) y en el número de días empleados en la captura ( $y = 101.37 - 1.439 x ; r^2 = 0.147$ ) todas ellas con muy baja significación; sin embargo la evolución de las CPUE muestra una tendencia positiva ( $y = 24.911 + 0.2274 x$ ) aunque de baja significación ( $r^2 = 0.0452$ ) a lo largo del periodo considerado.

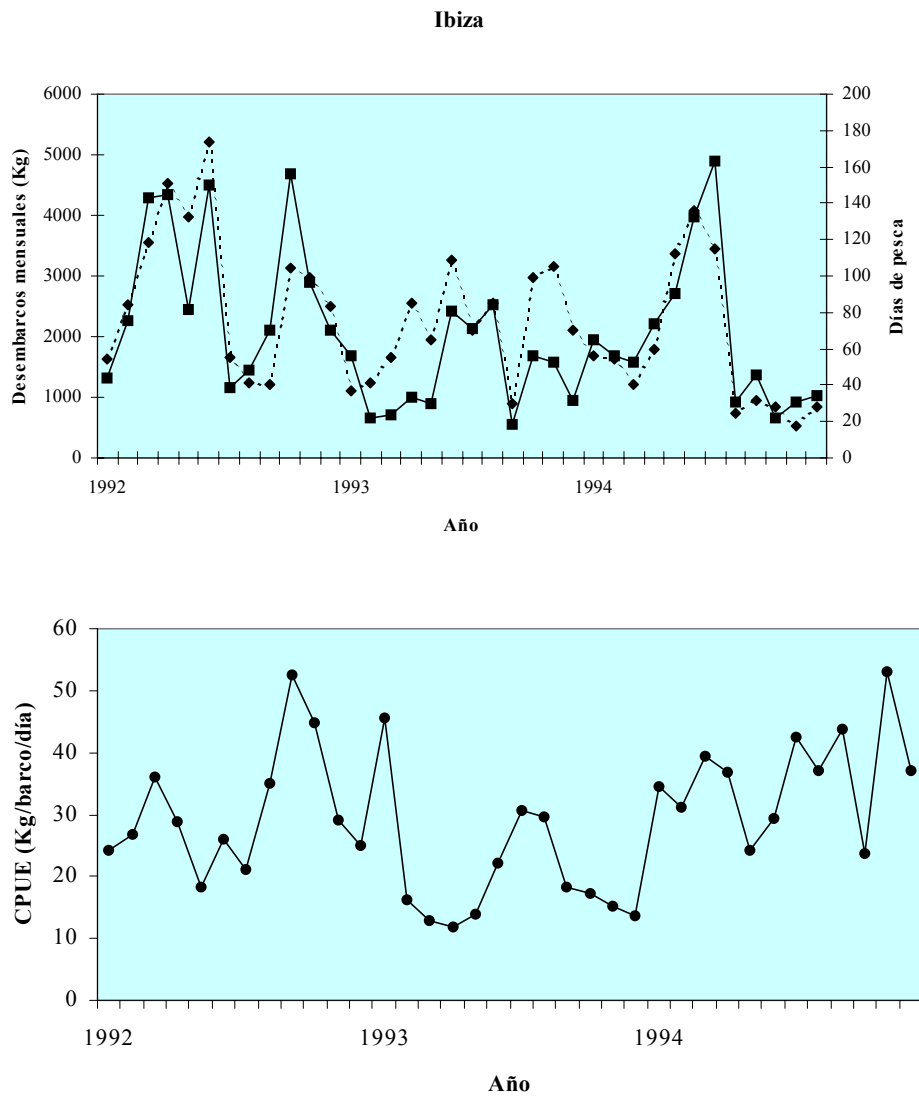
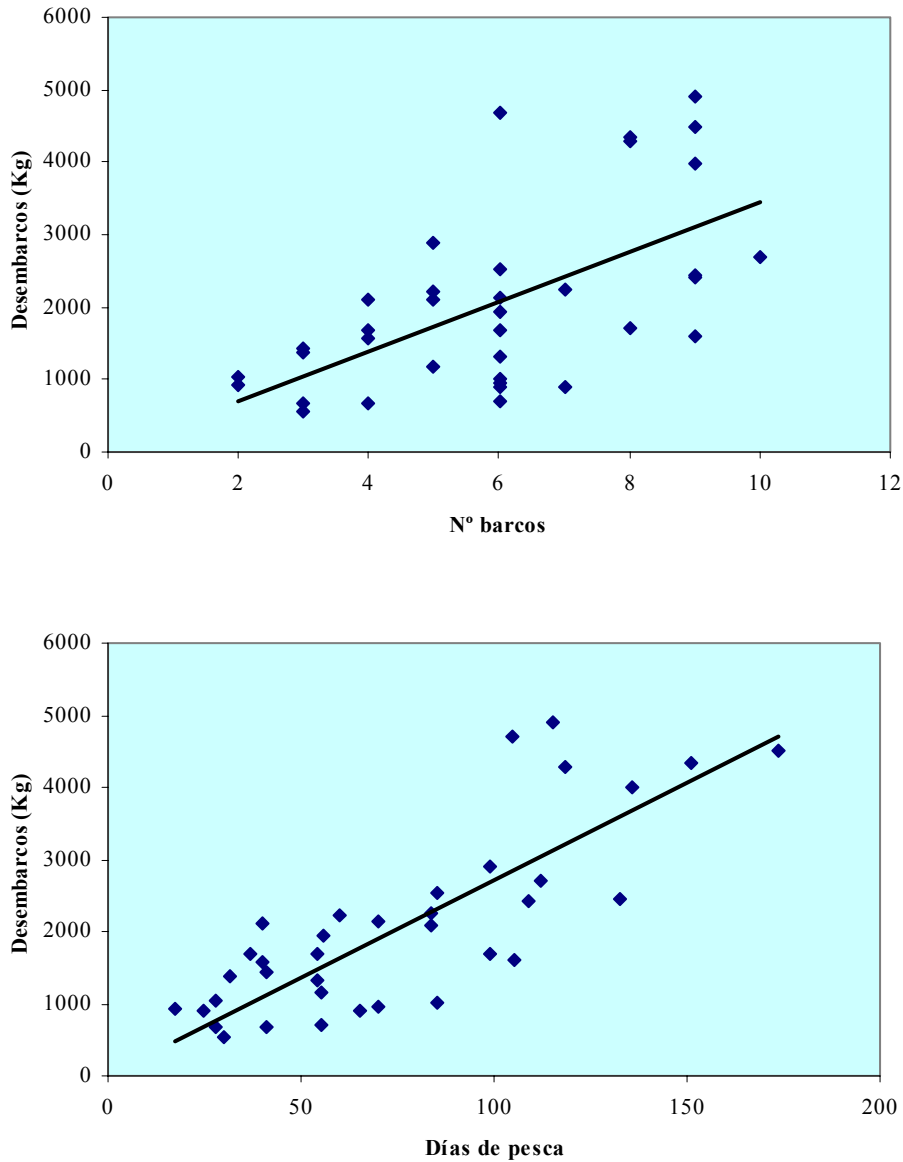


Figura 5.3.- Evolución mensual de los desembarcos(línea continua) y días de pesca empleados en la captura(línea discontinua) de *A. antennatus* en el Canal de Ibiza y desembarcados en el puerto de Santa Pola (arriba). Evolución de las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) expresadas en Kg por barco y día de *A. antennatus* en el mismo puerto y período (abajo).

Tabla 5.2.- Parámetros de las regresiones lineales entre captura y esfuerzo de la serie histórica de capturas de *A. antennatus* en el puerto de Santa Pola y con origen en el Canal de Ibiza.

Canal de Ibiza					
	Periodo	a	b	r	r <sup>2</sup>
Captura-Días	Anual	0	27.58	0.7116	0.5065
Captura-Barcos	Mensual	0	345.84	0.595	0.354
Captura-Días	Mensual	0	27.13	0.799	0.639



**Figura 5.4.- Regresión lineal entre las capturas de *A. antennatus* procedentes del Canal de Ibiza y desembarcadas en el puerto de Santa Pola frente al total de embarcaciones que participaron en la captura (arriba) y frente a los días de pesca totales en su consecución (abajo), en el periodo considerado.**

Se observa (Fig. 5.4) una tendencia a aumentar las capturas mensuales conforma aumenta el número de embarcaciones que intervienen en la misma ( $y = 336.39 x + 63.789$ ;  $r^2 = 0.355$ ), aunque se observa una gran dispersión de datos; la misma tendencia se observa en la relación entre la captura y los días empleados en obtenerla ( $y = 25.392 x + 165.43$ ;  $r^2 = 0.643$ ).

Para la zona sur del Golfo de Vera, siendo Garrucha el puerto seleccionado, se han obtenido los valores mensuales de desembarcos de gamba roja con los datos recopilados para el período 92-94, presentándose en la Figura 5.5 la evolución mensual de los desembarcos de gamba roja por la flota de arrastre. Se muestra una tendencia a la disminución, no evidenciándose una estacionalidad en los desembarcos; la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se ha estimado, en ausencia de datos desagregados y fiables, en unos 42.7 kg/barco/día, considerando un promedio mensual de 16 embarcaciones que realizaron un total de 389 mareas y una captura media mensual de gamba de 16.6 tm. La tendencia de las capturas a lo largo del periodo estudiado es negativa ( $y = 18655 - 114.08X$ ;  $r^2 = 0.1619$ ) con una significatividad baja, pero que evidencia una disminución progresiva de los volúmenes de desembarcos; por otra parte, se ha observado una disminución, entre años, del número de embarcaciones en el puerto base, dedicadas a esta actividad, disminuyendo consecuentemente el esfuerzo a lo largo del periodo estudiado.

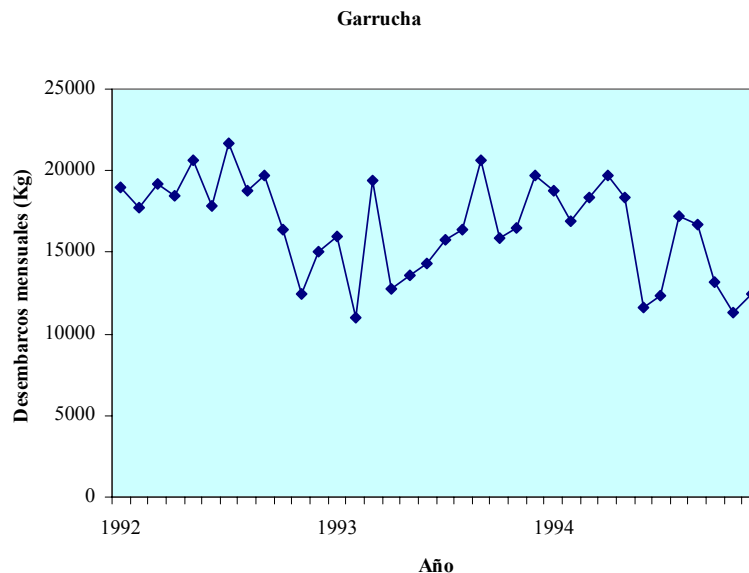


Figura 5.5.- Evolución mensual de las capturas de *A. antennatus* en el Golfo de Vera y desembarcados en el puerto de Garrucha.

### **5.3.- Estandarización del esfuerzo**

#### ***5.3.1.- Introducción***

Tal como se comentó en el Apartado de Caracterización de la pesquería (Cap.3), cuando se utilizan datos de captura referidos a un esfuerzo, se producen interferencias en los datos debido a que no toda la actividad de la flota se dirige en exclusiva, a la explotación de la especie objetivo. Por otra parte conviene recordar que, como hemos visto en el Apartado anterior, la captura por unidad de esfuerzo es, por sí misma, un índice de la abundancia del recurso, que se relaciona con éste a través del coeficiente de capturabilidad ( $q$ ); además, los buques de la flota tienen distinto poder de pesca ( $P$ ) y las distintas épocas del año producen, o pueden producir, rendimientos diferentes, así como el frecuentar distintos caladeros también puede influir en los rendimientos. Si pretendemos utilizar series de CPUE nominales, obtenidos directamente de dividir la captura por los días u horas empleados en su consecución, para la comparación de abundancias, entre periodos de tiempo o zonas, podríamos estar sesgando los resultados si no corregimos los factores anteriormente mencionados.

Los datos de CPUE obtenidos de barcos de pesca comerciales se han empleado frecuentemente para calcular índices de biomasa del recurso, tanto para realizar evaluaciones de un recurso (Large, 1992) como para calibrar Análisis de la Población Virtual (VPA) (Laurec y Shepherd, 1983; Pope y Shepherd, 1985). Su empleo se basa en la asunción de que la CPUE es proporcional a la abundancia del recurso, aunque se necesitan series muy precisas para su aplicación. Hay que considerar que el poder de pesca ( $P$ ) es diferente entre las embarcaciones y que puede cambiar a lo largo del tiempo; por lo tanto, las medidas basadas en éste parámetro deben de ser estandarizadas (Gulland, 1956; Beverton y Holt, 1957). Se han empleado modelos multiplicativos para las CPUE como una alternativa al índice  $P$ , considerando además el efecto de factores como área,

estación, año y potencia de pesca; estos efectos son tratados por clasificaciones de análisis de varianza, considerando las CPUE como una distribución log-normal (Gulland, 1956; Robson, 1966; Gavaris, 1980). Este tipo de análisis, basado en datos de captura y esfuerzo, se ha usado frecuentemente en otras áreas (Kimura, 1981; Large, 1992; Mejuto y García, 1996; Hoey *et al.*, 1996; Kimura y Zenger, 1997) para derivar índices de abundancia relativa en pesquerías. En el Mediterráneo, Goñi *et al.* (2000) aplicaron un Modelo Linear Generalizado (GLM) a una serie de datos del puerto de Castellón y compararon los índices de abundancia obtenidos con estimaciones obtenidas en campañas. Los resultados destacan que el modelado de tasas de captura de flotas de arrastre ofrece un método prometedor para obtener índices de abundancia estandarizados de stocks demersales en el Mediterráneo occidental (Goñi *et al.*, 2000).

En general, dichos modelos relacionan la tasa de captura de cierto barco tipo, a la tasa de captura de un barco de referencia. Adicionalmente pueden acomodar efectos como tiempo, área, poder de pesca u otras especies objetivo en la captura y los coeficientes del modelo pueden ser estimados usando técnicas de Modelado Linear Generalizado (GLM) (Hilborn y Walters, 1992). La estimación permite identificar los factores que afectan las tasas de captura, así como la obtención de un índice de abundancia estandarizado. En algunos modelos, el poder de pesca, se ha eliminado categorizando las embarcaciones en grupos o tipos de mareas (Large, 1992; Goñi *et al.*, 2000). En una pesquería multiespecífica, las especies objetivo de cada grupo deben de ser identificadas en un primer paso; la identificación subsecuente debe de ser llevada a cabo por un Análisis de Componentes Principales (PCA) (Biseau y Gondeaux, 1988; Laurec *et al.*, 1989) o por el análisis de la composición de la captura en relación al esfuerzo de pesca relativo aplicado (Biseau, 1998) obteniendo en consecuencia, un pequeño número de grupos, compuestos



por embarcaciones que pescan de una forma similar, de acuerdo con las especies pescadas.

En nuestro caso, tal como se comentó en el Apartado de Caracterización de la pesquería, la pesquería de la gamba roja puede ser considerada como monoespecífica; a pesar de esta consideración, algunos desembarcos, donde la presencia de *A. antennatus* es obvia, a menudo contienen otras especies que no pueden ser consideradas como características de los caladeros de gamba roja; esto puede distorsionar seriamente los resultados de un análisis de capturas por esfuerzo. Por otra parte, las relaciones encontradas entre las características físicas de las embarcaciones de una flota pueden mostrar bajos valores de covarianza (valor máximo de relaciones; relación Eslora-GRT,  $r^2=0,57$ ), toda vez que el GRT representa la característica de la embarcación que explica más varianza (59%) en la flota de arrastre de merluza del puerto de Santa Pola (Alvarez *et al.*, 2001), y este hecho debe de ser tenido en cuenta en posteriores análisis. Por lo tanto, en este Apartado se realiza una estandarización de las tasas de captura, obteniendo tendencias de los índices de abundancia, de *A. antennatus* con el objetivo de obtener una imagen más adecuada de la tendencia de esta pesquería de arrastre profundo en el Mediterráneo español.

### **5.3.2. Material y Método**

Los datos empleados en este Apartado proceden de los registros mensuales de las capturas de gamba roja (*Aristeus antennatus*) desembarcadas en el puerto de Santa Pola y cuyo origen procede de barcos que operaron en el Golfo de Alicante, desde el Cabo de San Antonio al Cabo de Palos. La serie de datos analizados es pues la misma que la presentada en el Apartado de Capturas de éste Capítulo (1992-1999), y proceden de los registros diarios de la Cofradía de Pescadores de Santa Pola, habiendo sido recopilada por la Red de Información y Muestreo del I.E.O. Los datos fueron obtenidos para la actividad mensual de cada embarcación a lo largo del periodo; cada barco fue identificado por un

código y se recogieron sus características físicas (GRT, potencia, eslora, etc.). En un primer paso, se calcularon las tasas de captura (CPUE) nominales (sin corrección), como la relación entre el total de capturas mensual de la especie por barco y el total de días que faenó dicho barco en el mes; todos los registros con un valor inferior a 1 kg/barco/día fueron eliminados para posteriores análisis. Tal como se expuso en el Capítulo 3, Apartado de Caracterización, dado que las agrupaciones de flota surgidas del PCA están basadas en las capturas de las especies más discriminantes, que no necesariamente incluyen a la especie objetivo, las CPUE calculadas dentro de cada grupo de embarcaciones no pueden ser consideradas como CPUEs dirigidas a la especie objetivo (Biseau, 1998). Consecuentemente, se consideró mejor no utilizar estos resultados para agrupar las embarcaciones en “grupos de actividad” para el posterior cálculo de las CPUEs de gamba roja, aunque se considera que los resultados del PCA suministran una clara descripción de la pesquería. En este sentido, el agrupamiento obtenido por medio del Clustering ofrece mejores resultados, por lo que se utilizaron los resultados obtenidos en la agrupación para los posteriores análisis.

Para analizar las variaciones de las CPUE en la especie objetivo seleccionada (*A. antennatus*) con respecto a factores tales como grupo de embarcación o tipo de marea, año y mes, se aplicó un Modelo Linear Generalizado (GLM) (McCullagh y Nelder, 1989; Chambers y Hastie, 1992) sobre un fichero que consideraba las embarcaciones identificadas en cada grupo o tipo de actividad, sus características y la CPUE (kg/barco/día) de gamba roja obtenido en la caracterización de la pesquería previamente realizada (ver Cap. 3). Primeramente se contrastó el tipo de distribución de los datos de CPUE y la independencia de la varianza con respecto a la media: dado que la distribución de frecuencias de las tasas de captura de gamba roja estaban sesgadas, representando los valores comprendidos entre 1 y 25 kg/día el 63 % del total, y que las

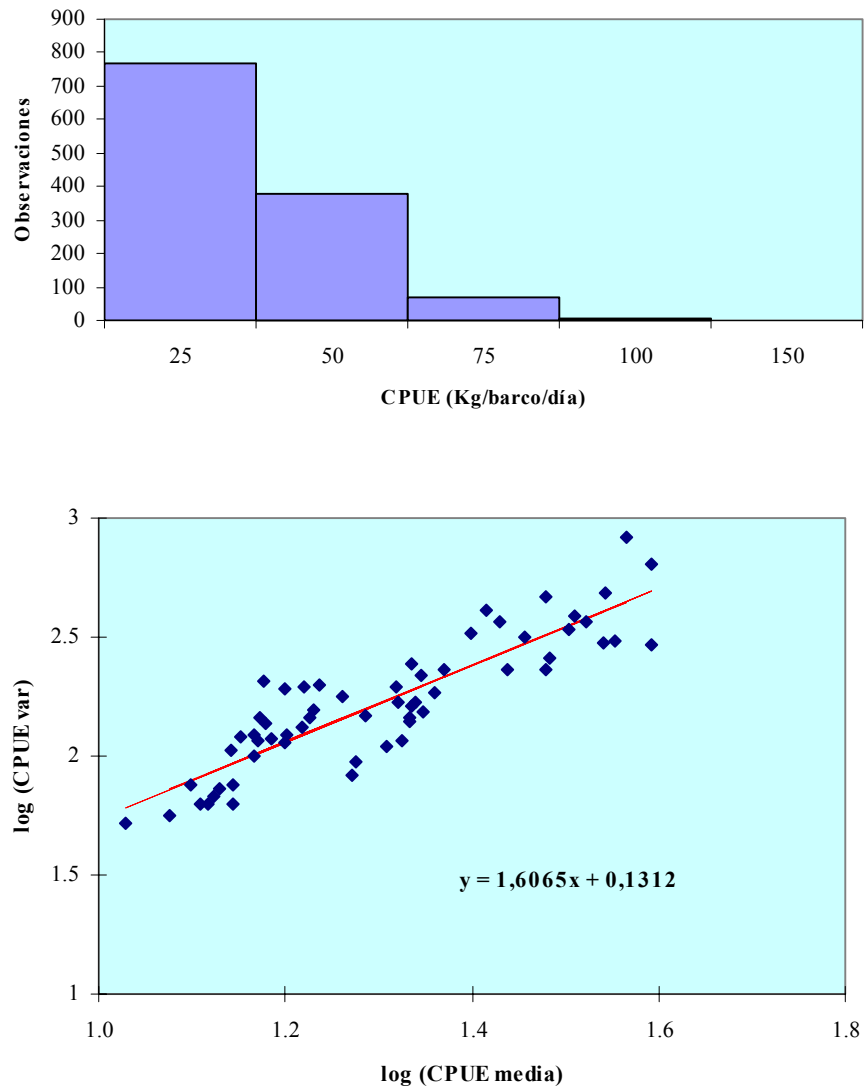
varianzas de las tasas de captura no son independientes de la media, siendo proporcionales a casi el cuadrado de la media ( $\log(\text{varianza cpue}) = 1.6065 \log(\text{media cpue}) + 0.1312$ ) (Fig.5.6), se decidió aplicar una varianza gamma ( $V(\mu) = \mu^2/\nu$ ) y una función de relación logarítmica ( $\log(\mu)$ ), donde  $\mu$  es la media y  $\nu$  determina la forma de la distribución ( $\nu = \sigma^{-2}$ ) siendo  $\sigma$  el coeficiente de variación, para relacionar las CPUE esperadas con los predictores, de forma similar a como Stefansson (1996), Goñi *et al.*, (2000) y Alvarez *et al* (2001) hicieron en el modelado de diferentes pesquerías. Las variables independientes (grupo de actividad, año, mes) fueron introducidos como factores.

El modelo elegido fué:

$$\mathbf{Ln} \mu_{cym} = \alpha + \delta_c + \theta_y + \lambda_m + \varepsilon_{cym}$$

siendo  $\mu_{cym}$  la tasa de captura esperada obtenida por el buque de clase  $c$  en el año  $y$  en el mes  $m$ ;  $\alpha$  es la tasa de captura obtenida por el barco de clase 1 en enero de 1992;  $\delta_c$  es la eficiencia del barco clase  $c$  relativo a la clase 1;  $\theta_y$  es la abundancia en el año  $y$  relativa a 1992;  $\lambda_m$  es la abundancia en el mes  $m$  relativa a Enero y  $\varepsilon_{cym}$  es la desviación entre las tasas de captura observadas y los valores esperados de  $cym$ .

Para evaluar la significación de los factores, así como de las interacciones, en el Modelo, se realizó un análisis de la desviación; la desviación representa la variación presente en los datos y su análisis proporciona una tabla que resume la información relativa a las fuentes de variación en los datos, de forma similar a un ANOVA. Se aplicó un modelo con factores principales y otro considerando las interacciones por pares, comparando los diferentes modelos obtenidos, excluyendo un término cada vez (Goñi *et al.*, 2000), repitiendo los análisis sobre un modelo que contemplaba exclusivamente el grupo de embarcaciones que mejor definía la pesquería.



**Figura 5.6.- Representación de la distribución de frecuencias de las CPUE (arriba) y la regresión lineal entre los logaritmos de las varianzas de las CPUE, frente al logaritmo de las CPUE medias (abajo) de *A. antennatus* en la flota de Santa Pola**

Finalmente los índices derivados se compararon con índices obtenidos en campaña, de los resultados de las Campañas de Arrastre Internacionales en el Mediterráneo (MEDITS\_ES). Todos los análisis se realizaron aplicando las correspondientes subrutinas del programa S-PLUS 2000 (Becker *et al.*, 1988).

### 5.3.3.- Resultados

Como se expuso en el Capítulo 3, en la Caracterización de la pesquería, se han determinado dos grupos de embarcaciones que realizan dos tipos diferentes de mareas cada mes (Grupos de actividad), en función de la composición específica de los desembarcos (Cap. 3).

Las embarcaciones que constituyen ambos grupos, tienen unas características técnicas muy similares, siendo un poco más numeroso el Grupo 1; la media no estandarizada de CPUE de *A. antennatus*, muestra diferencias, siendo mucho menor en el Grupo 1 (Tabla 5.3).

**Tabla 5.3.- Resumen de las características medias de las embarcaciones que constituyen los dos grupos de actividad identificados.**

<b>Media</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>
Barcos (n)	83	67
Potencia (HP)	377	367
Eslora (m)	18.9	18.5
GRT	70.9	69.2
TRB	94.5	76.9
CPUE gamba roja (Kg/barco/día)	9.62	36.47

Como resultado de la aplicación del modelo para estandarizar las tasas de captura (GLM), se detecta una influencia de los distintos factores como una diferencia en las CPUEs de *A. antennatus* entre las clases en que se ha dividido la flota, o grupos de actividad, siendo bajas en el Grupo 1 (principio de talud) y más elevadas en el Grupo 2 (talud profundo), grupos obtenidos por el análisis de las composiciones específicas de las capturas de la flota (ver Capítulo 3).

Según se observa en los coeficientes del modelo (Tabla 5.4), las capturas esperadas para las embarcaciones del Grupo 2, relativas a las del Grupo 1, son sólo 1.8 veces mayores, en lugar de las 3.8 veces que se deducen de las medias sin estandarizar (Fig.5.7).

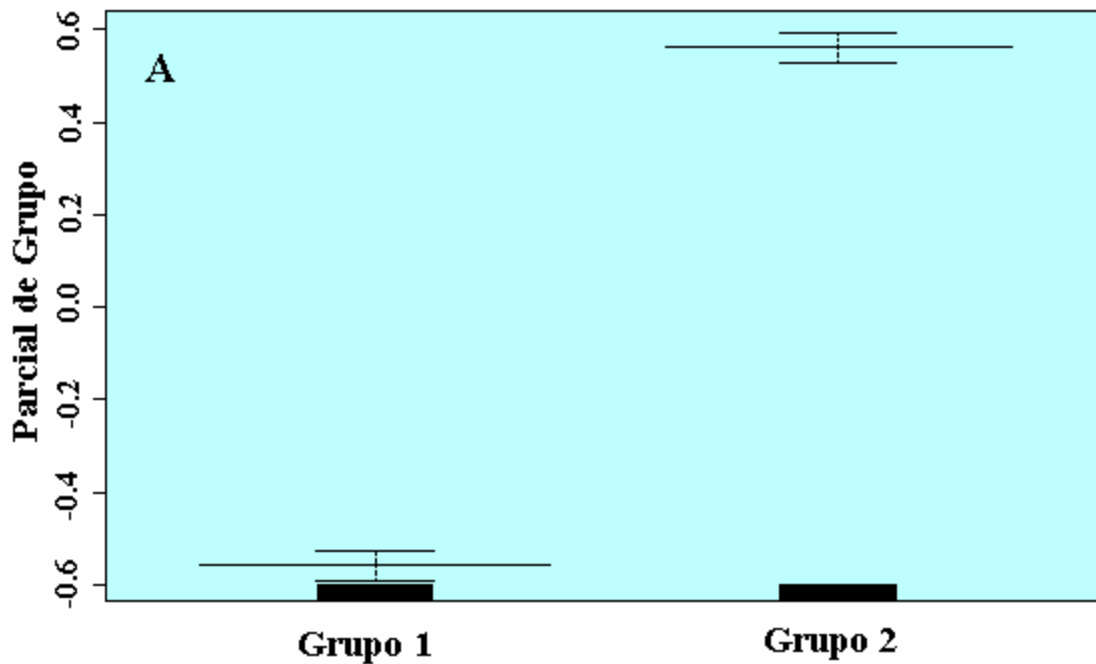


Fig 5.7.- Resultados del Modelo de Factores Principales. Cada línea representa la contribución de la variable correspondiente (CPUE) al predictor ajustado linealmente para Grupo de actividad; los valores ajustados se refieren a una media cero, las barras de puntos indican la desviación estándar y las barras de la base son proporcionales al número de observaciones a cada nivel de los factores.

La evolución anual de los coeficientes de abundancia estimados muestra (Fig. 5.8) un descenso después del valor más alto, que fue el año 1994, con una pequeña recuperación en el último año de la serie (1999). Los años comprendidos entre 1992 y 1994 muestran índices de abundancia superiores a la media, mientras que entre 1997 y 1999 los valores son más bajos que la media. De todos modos, el rango de variación interanual observado fue pequeño y puede considerarse como constante entre años.

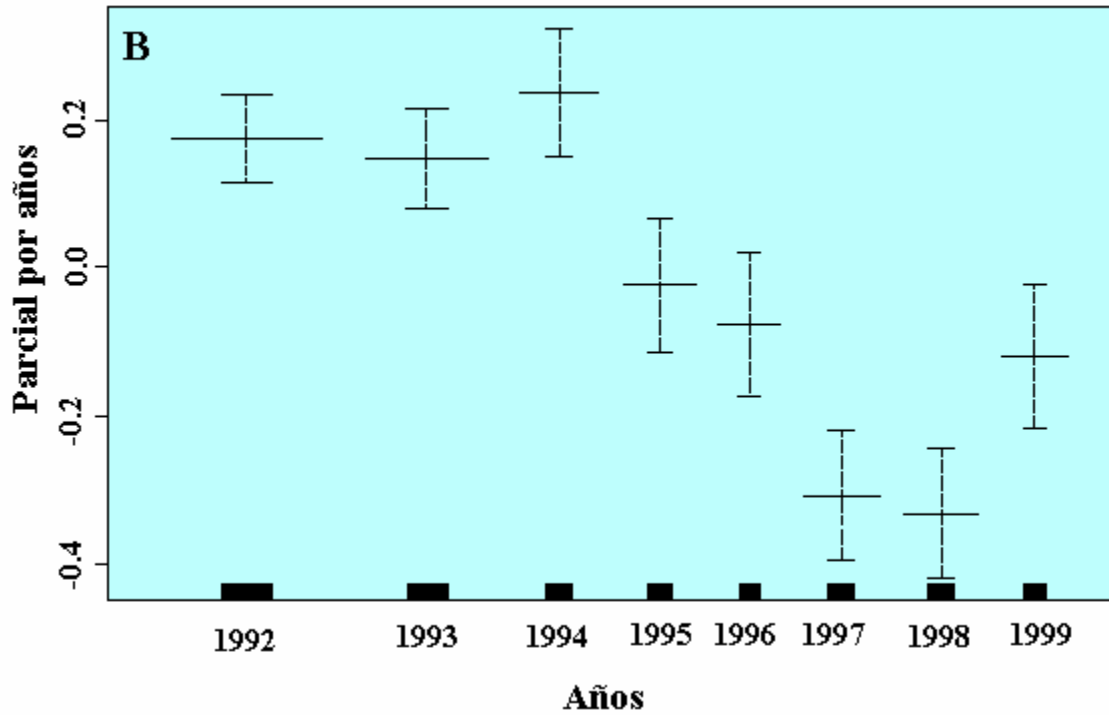
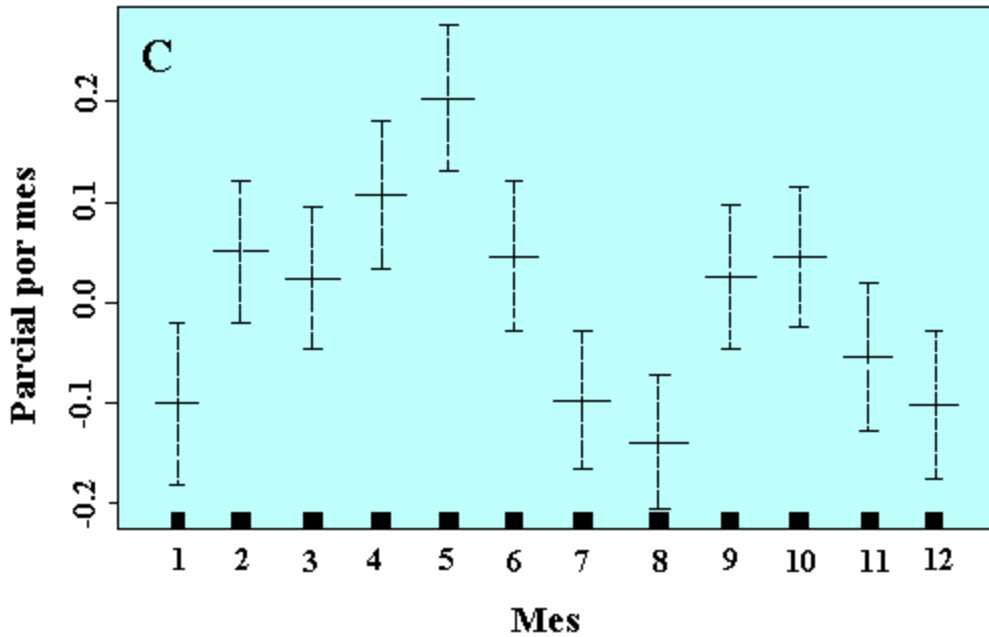


Fig 5.8.- Resultados del Modelo de Factores Principales. Cada línea representa la contribución de la variable correspondiente (CPUE) al predictor ajustado linealmente para año; los valores ajustados se refieren a una media cero, las barras de puntos indican la desviación estándar y las barras de la base son proporcionales al número de observaciones a cada nivel de los factores.

Las variaciones estacionales (meses) de los coeficientes de abundancia muestran (Fig. 5.9) que, para los resultados mensuales consolidados, se pueden identificar dos estaciones de mayor abundancia (primavera e invierno) separadas por dos estaciones de valores más bajos, invierno y verano, siendo en ésta última estación en la que se encuentran los menores valores; estas variaciones estacionales no pudieron ser detectadas sobre la serie de CPUEs nominales.



**Fig 5.9.- Resultados del Modelo de Factores Principales. Cada línea representa la contribución de la variable correspondiente (CPUE) al predictor ajustado linealmente para meses; los valores ajustados se refieren a una media cero, las barras de puntos indican la desviación estándar y las barras de la base son proporcionales al número de observaciones a cada nivel de los factores**

La estimación de los efectos mensualmente para cada año (Fig. 5.10) muestran que el patrón de la interacción año-mes parece ser similar al patrón del Modelo General en el periodo entre 1994 y 1998, mientras que 1999 aparece como claramente distinto a este patrón. Los resultados obtenidos del Análisis de la desviación muestran (Tabla 5.5) que el Modelo elegido explica el 52 % de la variación observada; en el Modelo de Efectos Principales, el factor barco explica más del 36 % de la variación, siendo seguido en importancia por el efecto año y por el efecto mes. Si consideramos sólo las embarcaciones del Grupo 2, el Modelo de Efectos Principales explica el 62 % de la variabilidad, con los factores en el mismo orden de importancia que en el Modelo General, pero con mayor importancia unida al efecto año.



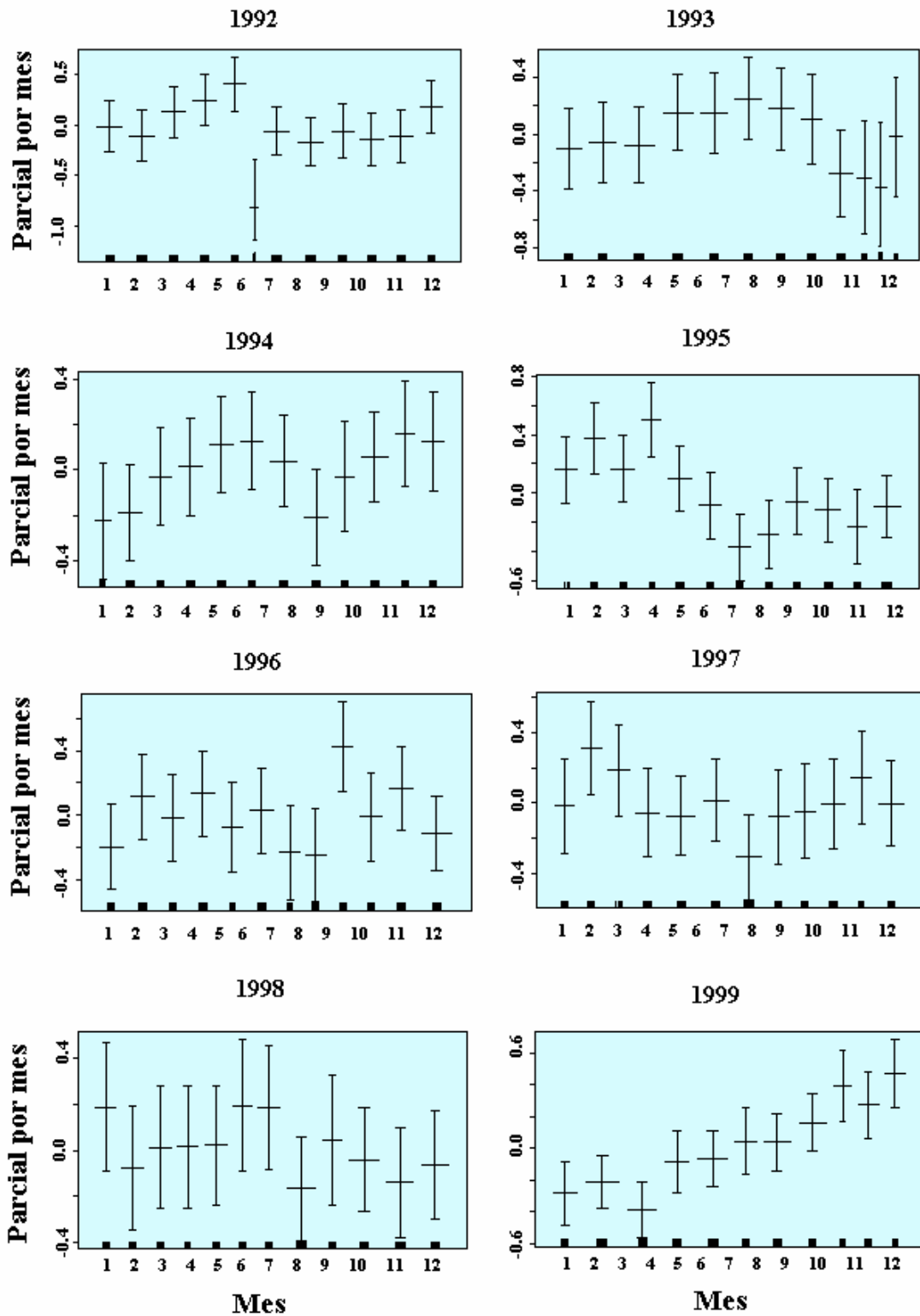


Fig 5.10.- Evolución mensual de las tasas de captura relativas. GLM Modelo de Efectos Principales; los valores ajustados se refieren a una media cero, las barras de puntos indican la desviación estándar y las barras de la base son proporcionales al número de observaciones a cada nivel de los factores

**Tabla 5.4.- Resultados del Análisis de la Desviación para el GLM ajustado a las tasas de captura de gamba roja del periodo 1992- 1999 en el puerto de Santa Pola. Los coeficientes expresan la diferencia entre cada nivel de los factores y los factores al primer nivel (\*). Las CPUEs estandarizadas corresponden a los valores de las embarcaciones del Grupo 2.**

Coeficiente	Estimado	Error estándar	CPUE	Error CPUE
			Estandarizada	
Barco Grupo1-1992-Enero*	2.8850	0.0159	17.9036	1.0160
Barco Grupo 2	0.5590	0.0160	31.3120	1.0324
1993	-0.0150	0.0248	30.8458	1.0583
1994	0.0250	0.0176	32.1046	1.0507
1995	-0.0530	0.0132	29.6956	1.0461
1996	-0.0420	0.0110	30.0241	1.0438
1997	-0.0670	0.0083	29.2828	1.0410
1998	-0.0510	0.0072	29.7551	1.0399
1999	-0.0120	0.0067	30.9385	1.0394
Febrero	0.0280	0.0367	32.2011	1.0710
Marzo	0.0110	0.0208	31.6583	1.0541
Abril	0.0350	0.0149	32.4273	1.0479
Mayo	0.0240	0.0120	32.0725	1.0449
Junio	-0.0020	0.0100	31.2494	1.0428
Julio	-0.0110	0.0080	30.9694	1.0407
Agosto	-0.0190	0.0069	30.7226	1.0396
Septiembre	-0.0020	0.0064	31.2494	1.0390
Octubre	-0.0060	0.0056	31.1246	1.0382
Noviembre	-0.0028	0.0053	31.2244	1.0379
Diciembre	0.0050	0.0046	31.4689	1.0372

**Tabla 5.5.- Resultados del Análisis de la desviación para los distintos modelos de GLM ajustados a las tasas de captura de *A. antennatus* de la flota de Santa Pola para el periodo 1992-1999.**

Fuente de variación	Desviación	g.l.	% Explicado	Desviación residuos	g.l residuos	F	P
Modelo General							
NULO				1151.07	2322		
Efectos Principales							
Grupo de barco	653.39	1	36.21	1804.46	2323	1200.86	0.000
Año	90.22	7	7.27	1241.29	2329	23.69	0.000
Mes	12.20	11	1.05	1163.27	2333	2.04	0.022
Interacciones							
Grupo barco: Año	9.13	7	0.85	1071.35	2235	2.59	0.012
Grupo barco: Mes	6.75	11	0.64	1062.21	2239	1.22	0.270
Año: Mes	72.38	76	6.38	1134.59	2304	1.89	<0.001
TOTAL			52.40	88.86	94		
Residuos				1062.21	2228		
Modelo Grupo 2							
NULO				306.12	1166		
Efectos Principales							
Barco	69.00	65	29.78	231.67	1148	8.10	0.000
Año	56.67	7	25.84	219.34	1090	61.8	0.000
Mes	10.50	11	6.06	173.16	1094	7.28	<0.001
TOTAL			61.68	143.46	83		
Residuos				162.66	1083		

Los índices de abundancia anuales obtenidos pueden ser transformados en CPUE estandarizadas, expresadas en kg/barco/día, para su comparación con otros índices. En la Figura 5.11 se muestra la comparación entre las CPUE corregidas, con las CPUE nominales y con los índices de abundancia obtenidos en Campaña (MEDITS\_ES), expresados en Kg de gamba roja obtenidos por hora de arrastre. Se observa que, excepto en los años de 1994 y en 1999, la tendencia entre los demás años es muy similar entre las CPUE corregidas y los índices de abundancia de Campaña, mostrando un alto índice de correlación ( $r^2 = 0.86$ ) entre valores; por el contrario, se observan grandes diferencias con las CPUE medias nominales.

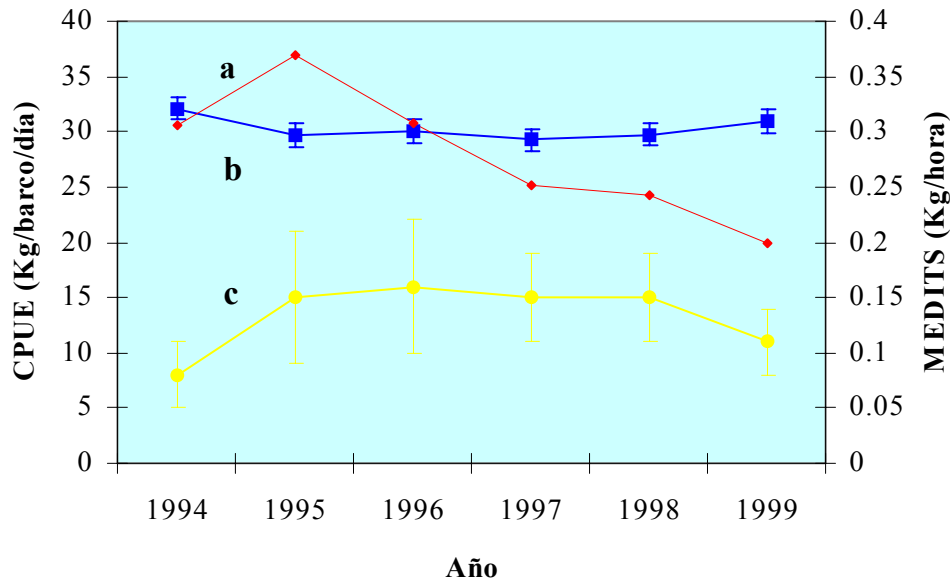


Figura 5.11.- Comparación entre CPUE nominales (a), CPUE corregidas (b) del Grupo 2 e índices de abundancia de las Campañas MEDITS\_ES (c). Datos de CPUE para la flota de gamba roja de Santa Pola.

## **5.4. Análisis de la explotación**

### ***5.4.1. Introducción***

Como se ha visto en los Apartados anteriores se puede realizar una aproximación a la evolución de la abundancia de un recurso renovable, a través de los datos de capturas obtenidas y de esfuerzo aplicado que nos proporcionan una aproximación grosera a la explotación del recurso; además, estandarizando las capturas por unidad de esfuerzo, se pueden obtener índices de abundancia del recurso que, a lo largo de un periodo de tiempo, muestran las oscilaciones que sufre la abundancia del recurso, orientándonos acerca de la tendencia del mismo.

Sin embargo estas metodologías no nos dan información acerca de la capacidad del recurso de generar biomasa y de si ésta biomasa generada es suficiente para compensar la biomasa extraída en transcurso de la explotación; si se desea mantener la explotación a lo largo de un periodo de tiempo extenso, esto es mantener una explotación sostenida,

necesitamos conocer la capacidad del recurso de generar biomasa al objeto de adecuar la capacidad de extracción y realizar una explotación sostenible del mismo.

En este sentido se han definido una serie de modelos matemáticos, fundamentalmente en los últimos 50 años, que abordan el problema desde dos puntos de vista, quedando agrupados en dos categorías: Modelos de Producción y Modelos Analíticos.

#### ***5.4.2. Modelos de producción***

##### 5.4.2.1. Introducción

Los Modelos de Producción o Globales estudian la respuesta del recurso a la explotación y se basan en el análisis de largas series de capturas obtenidas y esfuerzo aplicado a un recurso natural, para inferir la producción máxima sostenible del recurso (MSY). Estos Modelos permiten describir la variabilidad de la biomasa total de stock y su relación con la intensidad del esfuerzo pesquero en un periodo de tiempo largo, con independencia de las características biológicas de la especie explotada, siempre ha considerarse un stock aislado, y de las condiciones ambientales del medio. Por lo tanto necesitan largas series de datos anuales de captura y esfuerzo, de la mayor exactitud posible, asumiendo una situación de equilibrio, esto es que se mantiene constante el perfil de explotación, los reclutamientos y la capturabilidad. En este grupo cabe incluir los Modelos de Schaefer (Schaefer, 1954), de Pella y Tomlinson (Pella y Tomlinson, 1969) y de Fox (Fox, 1970); actualmente se tiende hacia modelos más flexibles con respecto a posibles retardos de la respuesta de la población a cambios de su abundancia y de su influencia en el valor del coeficiente de capturabilidad (Walter, 1973; Fox, 1974), prescindiendo de la situación de equilibrio (Yoshimoto y Clarke, 1993) o introduciendo datos de la población, como mortalidades por pesca (Zhang *et al*, 1991).

Las estimaciones del estado de explotación de *A. antennatus*, y de crustáceos en general, realizadas por la aplicación de Modelos de Producción en el Mediterráneo son escasas,

existiendo alguna aplicación de éstos modelos en las pesquerías de *A. antennatus* de la plataforma Balear (Pereiro y Fernández, 1974; Cirugeda y García, 1977), y en la pesquería de *Parapenaeus longirostris* de los caladeros marroquíes del Atlántico (Sobrino, 1998), en los que se han aplicado Modelos de producción (Schaefer y Fox).

El Modelo más empleado, y que se describe a continuación, es el de Schaefer; en este modelo se establece que las capturas obtenidas en un año están relacionadas linealmente con el esfuerzo aplicado, de manera que:

$$C_i = a + b f_i$$

Siendo  $C_i$  la captura del año  $i$ ,  $f$  el esfuerzo aplicado en el año  $i$ ,  $a$  el origen y  $b$  la pendiente de la recta.

Si utilizamos una medida de CPUE, por ejemplo captura anual por barco, obtendremos una relación del tipo:

$$C_i/f_i = a - b f_i$$

Siendo una regresión de pendiente negativa, en la que los términos son los mismos que en la anterior.

Para calcular la captura en un momento dado:

$$C_i = a f_i - b f_i^2$$

Que corresponde a la ecuación de una parábola simétrica, con la que ajustamos los datos de la serie histórica.

En este caso, el valor de esfuerzo óptimo ( $f_{opt}$ ) es:

$$f_{opt} = a/2b$$

mientras que la captura máxima ( $C_{max}$ ) será:

$$C_{max} = a^2/4b = a f_{opt} - b f_{opt}^2$$

Esta captura máxima es la Producción Máxima Sostenible (PMS) o Rendimiento Máximo Sostenible (RMS), también conocida por sus siglas en inglés (MSY),

corresponde al nivel óptimo de explotación desde el punto de vista biológico. El coeficiente de correlación se toma como índice de bondad del ajuste y el cuadrado del coeficiente de correlación como un índice de la información explicada por el modelo; se representan las curvas de captura/esfuerzo para la población en equilibrio y se calculan de este modo los esfuerzos óptimos y las capturas máximas.

Este modelo requiere una serie de datos de Capturas y esfuerzo aplicado suficientemente larga, al menos 10 años, y que los datos de la pesquería, además de su fiabilidad, muestren variaciones suficientes de Captura y esfuerzo en la serie que permitan el ajuste de la curva.

En nuestro caso y debido a que las series temporales de captura-esfuerzo con que se cuenta son periodos cortos, no ha sido posible realizar los ajustes anuales, debido tanto a la poca precisión de los datos obtenidos, como al hecho de que el número de embarcaciones y de días empleados en la captura, varían mínimamente de un año a otro, careciendo, en algún caso, de datos desagregados fiables sobre medida de esfuerzo.

### ***5.4.3. Modelos Analíticos***

#### **5.4.3.1. Introducción**

Los Modelos Analíticos, o Estructurales, reconstruyen la población explotada y su dinámica, a partir de una serie de submodelos que consideran las características biológicas de la especie, como crecimiento relativo, crecimiento absoluto, madurez, mortalidad natural y mortalidad por pesca, aplicándolos sobre la composición de la captura por clases de talla y sexo. Estas evaluaciones se realizan en dos etapas; en una primera fase se calculan los valores de abundancia, biomاسas y vectores de mortalidad pesquera y en una segunda fase se estima el rendimiento en biomasa de la población, permitiendo realizar proyecciones del stock en base a la simulación de cambios en el régimen de explotación. Para el primer paso se suele emplear la técnica conocida como

“Análisis de la Población Virtual” o APV (VPA en inglés) mientras que para el segundo se emplean modelos de producción por recluta o de rendimiento por recluta (Y/R en inglés).

El APV es una técnica que reconstruye el paso de cada cohorte por la pesquería, esto es para un conjunto de individuos nacidos en un momento dado y que pasarán por las mismas vicisitudes (cohorte), estima su abundancia y biomasa, así como la mortalidad por pesca que sufre para cada clase de edad, a lo largo del periodo considerado y partiendo de datos de la última edad del último año. El desarrollo de esta técnica se deba a Gulland (1965) quién se basó en otras técnicas empleadas por otros autores (Fry, 1949), aunque el pionero fue Baranov (1914): Este autor asumió que, como mínimo, los integrantes de una clase de edad eran la suma de los capturados, obteniendo con éstas sumas un tamaño mínimo de la población, aunque muy sesgado. Posteriormente, Fry (1949) y Gulland (1965), corrigieron esta estimación considerando los vectores de mortalidad natural (M) y de mortalidad por pesca (F).

El Análisis de la Población Virtual se basa en la Ecuación de Supervivencia (1) y en la Ecuación de Captura (2);

$$N_{i+1} = N_i e^{-Z_i \Delta t_i} \quad (1)$$

$$C_i = (F_i/Z_i) N_i (1 - e^{-Z_i \Delta t_i}) \quad (2)$$

En ambos casos:

$$Z_i = F_i + M_i$$

Siendo  $N_i$  = número de individuos de la clase  $i$ ;  $C_i$  = captura de los individuos de la clase  $i$ ;  $F_i$  = tasa instantánea de mortalidad por pesca en el intervalo  $i$ ;  $M_i$  = tasa instantánea de mortalidad natural en el intervalo  $i$ ;  $Z_i$  = tasa instantánea de mortalidad total en el intervalo  $i$ .



Partiendo de una matriz de capturas por edades, para los años de la serie a estudiar, y considerando un valor de  $M$  constante para todas las edades y años, podemos obtener la matriz de abundancias ( $N_i$ ) y la matriz de tasas instantáneas de mortalidad por pesca ( $F_i$ ). Si comenzamos por la última clase del último año ( $N_{i+1}$ ), y conociendo el valor de la mortalidad terminal por pesca y la captura, se calcula el número de individuos al principio de la última clase. Sustituyendo la ecuación de supervivencia en la de captura podemos inferir el valor de  $F_i$ , calculando  $N_i$ ; una vez calculado el número de la penúltima clase, repetiremos el proceso llegando a completar el análisis de la población virtual. Esto forma un sistema de  $n$  ecuaciones con  $n+1$  incógnitas, que es indeterminado, por lo que para su resolución debemos proporcionar el valor de una de las incógnitas; normalmente se proporciona el valor de la  $F$  final. Como existe un fenómeno de convergencia, a partir del punto en que  $\Sigma F_i = 1$ , las  $F$  a partir de ese punto pueden ser consideradas independientes de los valores de  $F_i$ , se puede tomar un valor de  $F_i$  como la media de las  $F$  de la zona de convergencia.

Este Análisis de cohortes tradicional, relaciona  $N_i$ ,  $N_{i+1}$  y  $C_i$  a través de una formulación muy compleja que se resuelve por métodos iterativos. En este sentido, Pope (1972) propuso un método para la resolución analítica de  $F_i$ , asumiendo que la captura se realiza en el punto medio del intervalo de tiempo, actuando en el resto sólo la mortalidad natural. Así propuso la siguiente ecuación de Captura:

$$N_i = N_{i+1} e^{M \Delta t} + C_i e^{M/2 \Delta t}$$

Que junto a la ecuación de supervivencia realiza, de igual manera que en el VPA estándar, el análisis de la población virtual; esta aproximación introduce sesgos en los resultados del orden del 3 % para incrementos anuales, aunque, por el contrario, facilita mucho los cálculos. En algunos casos, cuando se intenta realizar un APV de una población sobre la que se desconoce el crecimiento absoluto, se plantea un problema ya

que el APV trabaja con clases de edad; para solucionar este problema, Jones (1982) basándose en la ecuación de captura de Pope, propuso la técnica del Análisis de Cohortes de Talla (LCA en inglés) que trabaja con matrices de captura en número por intervalo de talla, sustituyendo la cohorte de edad por una pseudocohorte, constituida por los individuos de un determinado rango de talla, asumiendo condiciones de equilibrio.

Por otra parte, Pope (1977, 1979) y Pope y Shepherd (1982) desarrollaron el método del APV Separable, asumiendo que la mortalidad pesquera para cada clase de edad y año, tiene dos componentes; uno debido a la edad, que se denomina selección por clase de edad ( $S(a)$ ) y otro componente debido al año, que es la mortalidad pesquera total plenamente ejercida ( $F_0(y)$ ). De este modo la mortalidad pesquera se *separa* en dos componentes, asumiendo un patrón de explotación constante, de manera que:

$$F(a,y) = S(a) * F_0(y)$$

Siendo  $F(a,y)$  la mortalidad pesquera de una clase de edad en un año,  $S(a)$  el patrón de explotación dependiente de la edad (efecto edad) y  $F_0(y)$  la mortalidad pesquera plenamente ejercida (efecto año).

A partir de la matriz de capturas hay que definir  $M$ , que es constante para todas las edades,  $F$  sobre una edad de referencia y el valor de selección de la última edad, asumiendo que el patrón de selección es constante, obteniendo matrices de mortalidades, por clase y año, y reconstruyendo la población en el periodo de estudio.

Una manera de conseguir un valor de entrada para la  $F$ , y así resolver el problema de la indeterminación del sistema de ecuaciones, se basa en la utilización de la propiedad de convergencia de las  $F$  y las  $N$  y cualquier índice independiente de la pesquería, como la información de procedente de una campaña o de índices de abundancia estandarizados; a partir de estos datos se puede estimar la  $q$  por clase de edad, por regresión lineal, y así

poder transformar el último índice en una estimación de la N actual de la pesquería. Este método de corrección "ad hoc" es el Método Laurec-Shepherd (Pope y Shepherd, 1985), constituyendo la base de una serie de técnicas que se conocen como Calibración del APV. El método más utilizado actualmente en el ICES, es el Análisis Extendido de Supervivientes (XSA en inglés) que formuló Shepherd en 1992, y estima la capturabilidad por clase de edad en base a la relación que existe entre la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y la abundancia (N), de forma que:

$$\text{CPUE}(\mathbf{a}, \mathbf{y}) = \mathbf{q}(\mathbf{a}) * \mathbf{A}(\mathbf{a}) * \mathbf{N}(\mathbf{a}, \mathbf{y})$$

Siendo A un factor de ponderación asociado al tiempo de actuación del índice, anual para CPUEs estandarizadas de flota, mensual para campañas, q la capturabilidad y N el número de individuos de la clase de edad.

Con cada serie de CPUE se llega a una estimación de la N final, que luego se combina con el resto de las series, ponderándola por el inverso de su varianza, obteniendo un N final que permite resolver el sistema de ecuaciones.

El modelo realiza un análisis de cohortes, proporcionando estimaciones de la abundancia de la población (N) y de sus mortalidades pesqueras (F) por edades, ajustando las estimaciones de N a partir de los valores ajustados de CPUE y las q de las flotas utilizadas para la calibración.

Los modelos de rendimiento por recluta (Y/R) han sido propuestos por varios autores (Thompson y Bell, 1934; Beverton y Holt, 1957; Ricker, 1975) y relacionan la captura total con el número de individuos al inicio de la primera clase (reclutamiento), considerando un factor de esfuerzo variable, lo que permite al modelo simular cambios en el régimen de explotación. En general la expresión es del tipo:

$$\text{Y/R}(\mathbf{f}) = (1/N_i) \sum_{i=1}^n N_i W_i F_i(\mathbf{f}).$$

Siendo  $N_i$  = N° medio de la clase  $i$ ;  $W_i$  = Peso medio de la clase  $i$ ;  $F_i$  = mortalidad media por pesca de la clase  $i$ ;  $(f)$  = factor de esfuerzo.

Estos Modelos sirven para simular distintas estrategias de pesca en condiciones de equilibrio, pudiendo simular tanto cambios en la intensidad de pesca (multiplicadores de  $f$ ), como en el perfil de explotación (cambios de edad de primera captura): El resultado de estos modelos es el rendimiento y biomasa reproductora media que obtendremos por cada recluta que se incorpora a la pesquería; además permiten realizar un análisis de sensibilidad del modelo con respecto a la variación de los datos de entrada (parámetros de crecimiento relativo, absoluto, y mortalidades natural y terminal por pesca), obteniendo una imagen del recurso, con respecto a la estrategia de pesca, más amplia que la proporcionada por el VPA por sí sólo.

#### 5.4.3.2. Material y Método

Debido a las diferencias de crecimiento y longevidad observadas en Capítulos anteriores (Cap. 3 y Cap. 4) entre los machos y las hembras de *A. antennatus*, se ha decidido realizar las evaluaciones por separado para cada sexo. Dado que la especie objeto de estudio también muestra variaciones de crecimiento entre las zonas elegidas, se ha realizado la evaluación separadamente para cada zona. Se han realizado una serie de análisis del estado de explotación del recurso utilizando las frecuencias de tallas (LCA) (Jones,1982) promedio para cada zona, agrupando los distintos años en una única frecuencia anual promedio (pseudocohorte sintética) lo que suaviza los efectos de los reclutamientos si no existen tendencias, al objeto de establecer comparaciones de los resultados entre los sexos y las zonas, así como con estudios previos en zonas próximas (Demestre, 1990; Martínez-Baños, 1997). En todos los análisis realizados, los parámetros de crecimiento utilizados, tanto de crecimiento relativo como absoluto, son los promedio para cada zona, ya que no se ha detectado variabilidad interanual dentro de las zonas (Cap. 4); las Mortalidades

Naturales ( $M$ ) son las calculadas en función de los parámetros de crecimiento utilizados, promedio de las obtenidas a partir de diversos métodos (Cap. 4), reteniendo un valor único ( $M = 0.46$ ) para ambos sexos y común para todas las zonas; las ojivas de Madurez son las calculadas en esta Memoria (Cap. 4) para cada sexo y cada zona; la mortalidad terminal por pesca ( $F_{\text{ter}}$ ) se probó con varios valores (0.75, 1.0, 1.5) sobre el LCA de cada año y sexo, reteniendo finalmente el valor de  $F_i = 1$  para ambos sexos en el LCA, por mostrar mejor convergencia. Para la evaluación por pseudocohortes de tallas, promedio de las distintas zonas, y al no existir datos fiables referidos al total por zona, se optó por utilizar datos de captura por zona extrapolados, siendo obtenidos a partir de diversas fuentes (Demestre, 1990; Martínez-Baños, 1997; Sardá *et al*, 2001; RIM-IEO; Anuarios de Agricultura de la Comunidad Valenciana, etc..).

En el caso de los Análisis de Rendimiento por Recluta ( $Y/R$ ), se procedió de igual manera para las distintas zonas y sexos, realizando en este caso un análisis de Sensibilidad del modelo a variaciones de los parámetros biológicos de entrada sobre un año tipo (el primero de cada serie) de cada zona, así como una simulación de la explotación (variando la incidencia del esfuerzo pesquero ( $f$ ) hasta tres veces el valor actual), con objeto de determinar el esfuerzo óptimo. Estos análisis permiten establecer comparaciones entre sexos y zonas de estudio, así como con resultados de estudios previos en otras zonas del Mediterráneo español.

Finalmente se realizaron unos Análisis de la Población Virtual (VPA) (Gulland, 1965) sobre los ficheros de capturas por talla transformados a edades, transformación realizada por el programa VIT aplicando un “slicing” a las distribuciones de talla, esto es acumulando en grupos de edad las abundancias correspondientes a las tallas comprendidas entre los límites de los distintos  $t$  (años) de la ecuación de crecimiento. Se ha empleado un valor de  $F_i = 1.5$ , siendo el promedio de la mortalidad obtenida en las últimas clases de

talla del LCA, para el APV por edades. Para la evaluación por años, se empleó la captura anual del puerto, recopilado en este trabajo para cada puerto durante el periodo de muestreo (Tab.5.8). Para las evaluaciones promedio de las distintas zonas, y al no existir datos fiables referidos al total por zona, se optó por utilizar datos de captura por zona extrapolados, de manera similar al LCA. Primeramente, y sobre los datos del Golfo de Alicante que representa la serie más larga (4 años) y cuenta con datos de CPUE estandarizados, se realizó un VPA Separable (Pope, 1977, 1979; Pope y Shepherd, 1982) sobre las matrices de capturas por edad, para cada sexo. Este modelo asume que la mortalidad por clase de edad, para cualquier año, es el producto de la mortalidad pesquera ejercida en un año ( $F_{0(y)}$ , efecto año) y del patrón de explotación dependiente de la edad ( $S_{(a)}$ , efecto edad); es decir separa la mortalidad en dos componentes, uno debido a la mortalidad pesquera propiamente dicha y otro debido a la edad o selección por clase de edad, de modo que:

$$F_{(a,y)} = F_{0(y)} * S_{(a)}$$

En el que se asume un patrón de explotación constante. Este análisis permite establecer comparaciones con los resultados obtenidos en los análisis anteriores.

Posteriormente, y considerando que la explotación del recurso se realiza conjuntamente en ambos sexos, ya que se encuentran juntos en los mismos caladeros, se procedió a realizar un nuevo análisis de APV Separable sobre el conjunto de los datos. Este tipo de análisis proporciona, además, información acerca de la calidad de los datos de base, existencia de cambios en el patrón de explotación, así como matrices de mortalidades y número de individuos de cada clase de edad a lo largo del periodo de estudio. Seguidamente se procedió a calibrar el APV realizando un análisis XSA (Extended Survivor Analysis, Shepherd, 1992), empleando en la calibración las CPUEs estandarizadas de la flota, así como los índices de abundancia obtenidos en la Campaña MEDITS\_ES. El método XSA

realiza un análisis de cohortes, ajustando los valores del número de individuos por clase de edad con los valores de las CPUE de las flotas de calibración, en base a la relación que existe entre la CPUE y la abundancia del recurso. Tanto en el APV Separable como en el XSA, se empleó el programa Lowestoft VPA suite (V. 3.2) (Darby y Flatman, 1994).

Como colofón a este Apartado, se realizó un VPA estándar para cada zona y sexo mediante el empleo del Programa de Análisis de Pesquerías VIT (Lleonart y Salat, 1992) ya que este programa ha sido aplicado anteriormente en evaluaciones de gamba roja en el Mediterráneo, permitiendo sus resultados establecer comparaciones con éstas zonas. Este programa realiza un APV estándar, asumiendo un estado estacionario, sobre pseudocohortes anuales, por lo que no es adecuado emplearlo en series históricas, aplicando para los cálculos, las relaciones talla-peso y las ecuaciones de crecimiento de Von Bertalanffy en cada caso. Para este análisis y debido a las grandes diferencias de crecimiento entre machos y hembras, se ha realizado un APV para cada zona separadamente y para cada sexo. Los resultados obtenidos en los distintos análisis se han comparado entre ellos, determinando la validez de los resultados y permitiendo obtener una visión del estado actual de explotación del stock de gamba roja en las tres zonas elegidas para su estudio, a lo largo del periodo de muestreo, permitiendo establecer comparaciones con otros análisis realizados con el mismo programa, en otras zonas del Mediterráneo español.

**Tabla 5.8.- Tabla resumen de las principales características de la explotación de *A. antennatus* de cada zona, y de los puertos elegidos como representativos para las distintas evaluaciones.**

	Golfo de Alicante	Canal de Ibiza	Golfo de Vera
<b>ZONA</b>			
<b>Flota</b>			
Número de embarcaciones	40	22	35
TRB medio	70	83	52
Potencia media (Hp)	377	425	302
Eslora media (m)	19	20	17
Duración de la marea (días)	1	4-5	1
<b>Desembarcos (T)</b>			
Periodo considerado (años)	1976-98	1976-1994	1989-91
Desembarco máximo	368	210	517
Desembarco medio	164	110	333
Desembarco mínimo	77	55	220
<b>Evaluación por zonas</b>			
Periodo evaluado	1995-98	1992-1994	1992-94
Captura media estimada (T)	163.8	169.7	348.4
<b>PUERTOS MUESTREADOS</b>			
Puerto muestreo tallas	Santa Pola	Santa Pola	Garrucha
Número medio de embarcaciones	21	6	16
Representatividad flota (%)	53	27	34
<b>Desembarcos (T)</b>			
Periodo años	1976-98	1976-1994	1976-94
Desembarco medio anual (T)	100	18.5	182
Representatividad en la Zona (%)	61	11	52
<b>Desembarcos (T)</b>			
Periodo años	1995-98	1992-1994	1992-94
Desembarco medio anual (T)	84.12	24.72	199.2
Desembarco medio mensual (T)	7.01	2.06	16.6
C.P.U.E nominal (Kg/barco/día)	27.7	29.12	42.7
Representatividad en la Zona (%)	51	15	57
<b>Evaluación anual</b>			
Puertos control de capturas	Santa Pola+Villajoyosa	Alic.+ S. Pola+ Villaj.	Garrucha
Captura media considerada (T)	128.8	169.7	198.4
Representatividad en la Zona (%)	79	100	57
<b>Calibración</b>			
Periodo años	1995-1998	-	-
Flota Calibración 1	CPUE estandarizadas	-	-
Flota Calibración 2	Indices MEDITS	-	-



### 5.4.3.3. Resultados

#### *5.4.3.3.1. Datos generales*

La representatividad de los muestreos de talla realizados, así como del valor de las capturas empleado en cada caso, aparece relativizado en la Tabla 5.8. Así vemos que la representatividad de los muestreos de talla, con respecto a cada zona, varía entre un 27 y un 53 % del total de la zona; si consideramos la representatividad de las capturas controladas en los puertos, la representatividad varía entre un 57 y un 100 % del total de la zona; si consideramos sólo la zona sur del Golfo de Vera, la representatividad del puerto de Garrucha con respecto a la zona sur del Golfo de Vera, asciende a un 100 % anual. La representatividad de los valores de captura empleados en los análisis por Zonas, alcanza el 100 % en todos los casos.

La estructura de edades empleada (Tab. 5.9) es la obtenida por el programa VIT, y los resultados muestran diferencias entre los sexos y entre las zonas, apareciendo hasta cuatro clases de edad en machos en el Golfo de Vera, mientras que en las otras dos zonas sólo aparecen tres clases de edad; en las hembras, por el contrario, aparecen hasta seis clases de edad en el Golfo de Alicante, mientras que en las otras dos zonas sólo aparecen cinco. Los resultados, dentro de cada zona, para cada año son idénticos al emplear los mismos parámetros para cada zona.

En la Tabla 5.10 se presentan los datos de composición de tallas y edades medias de las capturas para los distintos años y zonas: En el caso de los machos tanto las tallas como las edades medias se mantienen más o menos homogéneas entre años en el Golfo de Alicante y el Canal de Ibiza, variando sustancialmente en el Golfo de Vera; en el caso de las hembras la homogeneidad, tanto entre años como entre zonas, es mucho mayor apenas mostrando variaciones.

**Tabla 5.9.- Rangos de tallas de las clases de edad (rangos en Lc mm) de machos y hembras de *A. antennatus* en las distintas zonas estudiadas.**

<b>Machos</b>			
Clase de edad	Alicante	Ibiza	Vera
0	10-20	10-22	10-20
1	21-30	23-32	21-30
2	31-36	33-39	31-37
3	37-	40-	38-42
4			43-

<b>Hembras</b>			
Clase de edad	Alicante	Ibiza	Vera
0	10-24	10-28	10-28
1	25-41	29-41	29-43
2	42-52	42-51	44-53
3	53-59	52-57	54-60
4	60-65	58-62	61-65
5	66-68	63-	66-
6	69-		

**Tabla 5.10.- Principales características de las capturas de machos y hembras de *A. antennatus* en las distintas zonas y años, obtenidos a partir del análisis de cohortes de talla.**

<b>Machos</b>										
Zona	Alicante				Ibiza			Garrucha		
Año	1995	1996	1997	1998	1992	1993	1994	1992	1993	1994
Edad media (años)	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.6	1.4	1.5
Talla media (Lc mm)	24.0	23.2	23.1	23.1	24.2	24.9	23.6	27.3	25.7	26.7

<b>Hembras</b>										
Zona	Alicante				Ibiza			Garrucha		
Año	1995	1996	1997	1998	1992	1993	1994	1992	1993	1994
Edad media (años)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.3
Talla media (Lc mm)	30.2	30.3	29.8	30.6	31.4	32.2	31.1	33.6	31.5	33.2

*5.4.3.3.2. Resultados de LCA*

En la Tabla 5.11 aparecen los resultados del análisis de cohortes de talla (LCA), realizado sobre las pseudocohortes sintéticas de cada zona y para cada sexo: En el caso de los machos, vemos que tanto el reclutamiento, como la población media (tanto en número como en biomasa) muestran valores diferentes entre las zonas; el Golfo de Vera, muestra los valores más altos, seguido por el Golfo de Alicante, y el Canal de Ibiza que muestra los valores más bajos. Las tallas y las edades medias de la población resultan muy similares entre el Golfo de Alicante y el Canal de Ibiza, siendo ligeramente superiores en el Golfo de Vera; las mortalidades medias muestran el mismo patrón.

En el caso de las hembras, destaca con valores altos de reclutamiento, número y peso medio de la población, el Golfo de Vera, seguido del Canal de Ibiza, mientras que los valores más bajos se registran en el Golfo de Alicante.

En ambos sexos, y salvo alguna excepción, los valores de mortalidad media por pesca oscilan alrededor del 1.5, mientras que, consecuentemente, los valores de mortalidad total lo hacen en torno al 1.9, concentrándose en las tallas medias y grandes (Fig. 5.14); las entradas de biomasa muestran una contribución del reclutamiento más alta para los machos, con una contribución de biomasa por crecimiento menor que en las hembras, debido a las diferencias de crecimiento entre sexos. Las salidas de biomasa están más o menos equilibradas en ambos sexos, mostrando unas tasas de renovación elevadas. La relación entre la biomasa máxima y el balance de biomasa es del 51% en machos y del 42 % en hembras, mientras que la relación entre la biomasa media anual y la biomasa virgen es del 29.3 % en machos y sólo de un 15.3 % en hembras.

**Tabla 5.11.- Resultados del análisis de cohortes de talla (LCA) sobre las distintasseudocohortes sintéticas de *A. antennatus*, en las diferentes zonas.**

<b>Población</b>	<b>Machos</b>			<b>Hembras</b>		
	Alicante	Ibiza	Garrucha	Alicante	Ibiza	Garrucha
Reclutamiento ( $N \times 10^3$ )	7 593	2 794	14 454	17 013	19 938	29 233
Nº medio anual población ( $N \times 10^3$ )	6 906	2 326	14 411	13 850	18 859	27526
Peso medio anual población (T)	23	11	65	92	127	261
Edad media (años)	0.675	0.627	0.864	0.848	0.631	0.808
Talla media (Lc mm)	17.438	17.797	18.76	21.837	22.153	24.271
F media	1.508	1.46	1.807	1.391	1.566	1.405
Z media	1.968	1.92	2.267	1.851	2.026	1.865
<b>Biomasa</b>						
<u>Entradas</u>						
Reclutamiento (%)	13.9	13.43	13.91	6.54	6.91	5.93
Crecimiento (%)	86.1	86.57	86.09	93.46	93.09	94.07
<u>Salidas</u>						
Mortalidad natural (%)	27.56	24.98	29.74	23.7	27.36	30.13
Biomasa capturada (%)	72.44	75.02	70.26	76.3	72.64	69.87
<b>Índices</b>						
Tasa de renovación (%)	166.89	184.15	154.65	194.11	168.14	152.69
B max/Bmed (%)	84.82	95.01	79.03	81.58	75.25	59.1
B max/ D (%)	50.82	51.59	51.1	42.03	44.76	38.71
B med/B vir (%)	29.2	26.4	32.4	9.8	17.1	18.9

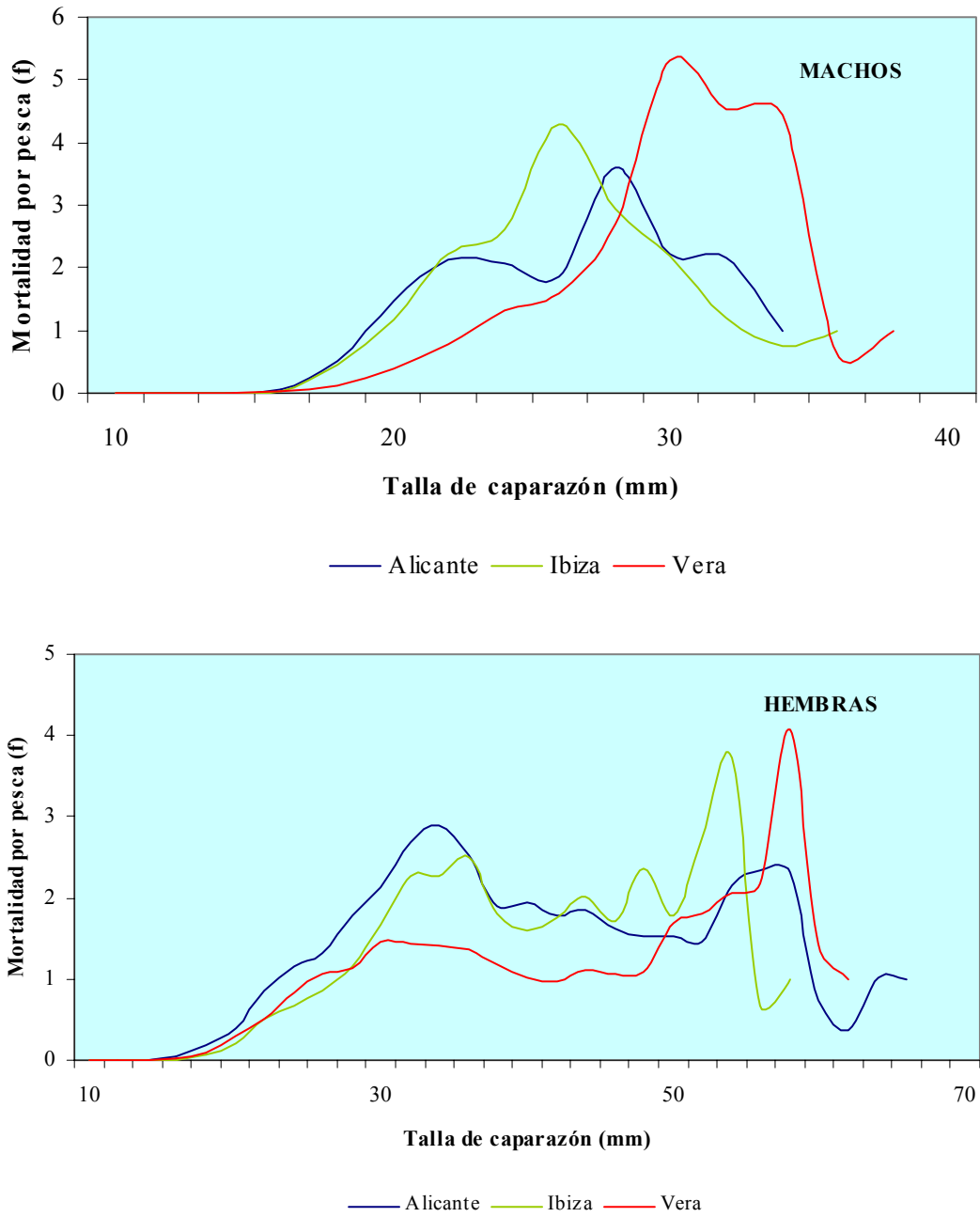


Figura 5.14.- Vectores de mortalidad por pesca y clase de talla en machos y hembras de *A. antennatus* en las distintas zonas estudiadas.

5.4.3.3.3. Rendimiento por recluta(Y/R)

En la Tabla 5.12 se exponen los principales resultados del análisis del rendimiento por recluta, para cada zona y separadamente para machos y para hembras: Se observa que, en el caso de los machos existen diferencias entre las zonas, destacando el Canal de Ibiza con unos rendimientos más altos, seguido por el Golfo de Vera y finalmente por el Golfo de Alicante. Similar tendencia existe en los valores del rendimiento máximo sostenible, biomasa por recluta y biomasa óptima por recluta; la biomasa virgen resulta mayor en el Golfo de Vera, seguido del Golfo de Alicante y del Canal de Ibiza. El esfuerzo óptimo oscila entre un 15 % y un 30 % menos que el actual en las tres zonas.

En las hembras, destaca el Golfo de Vera por mostrar valores más altos de rendimientos y biomasa que las otras dos zonas, seguida por el Golfo de Alicante y finalmente el Canal de Ibiza. En general los valores de rendimientos de las hembras resultan, al menos, el doble que los encontrados para los machos, resultando la biomasa virgen mayor en casi un orden de magnitud. El esfuerzo óptimo se sitúa en un 50 % del actual.

**Tabla 5.12.- Principales resultados del análisis de rendimiento por recluta (y/r) de *A. antennatus* en las distintas zonas estudiadas.**

	Machos			Hembras		
	Alicante	Ibiza	Vera	Alicante	Ibiza	Vera
Rendimiento por recluta (y/r) (g)	3.66	5.37	4.86	8.02	7.76	9.53
Rendimiento máximo MY (g)	3.70	5.40	4.93	9.54	8.52	10.45
Biomasa por recluta (B/r) (g)	3.03	3.89	4.47	5.41	6.36	8.93
Biomasa óptima por recluta (g)	3.47	4.33	5.20	14.30	11.07	16.37
Biomasa virgen (T)	78.6	41.2	199.2	938.9	739.6	1382.1
Esfuerzo óptimo (fmsy)	0.8	0.85	0.7	0.45	0.5	0.5

En la Figura 5.15 se representa la simulación de la respuesta de los rendimientos por recluta, para cada zona y sexo, frente a variaciones del esfuerzo, considerando desde una reducción a cero hasta un incremento de tres veces el esfuerzo actual, toda vez que el esfuerzo actual representa la unidad. Se observa que la tendencia general de las zonas es la misma, con los rendimientos de los machos sin mostrar apenas alteración frente a los incrementos de esfuerzo, aportando mayor rendimiento en el Canal de Ibiza, seguido del Golfo de Vera y del Golfo de Alicante; mientras que las hembras muestran una ligera disminución, aunque de poca entidad, frente al aumento del esfuerzo, con mayores rendimientos en el Golfo de Vera, seguido del Golfo de Alicante y del Canal de Ibiza, aunque en éste último la respuesta frente a un hipotético incremento del esfuerzo es más estable que en las otras dos zonas. La respuesta frente al esfuerzo de la biomasa reproductora por recluta ( $SSB/r$ ) se muestra en la Figura 5.16, en la que se aprecia una dramática reducción de la biomasa reproductora al superar el esfuerzo óptimo, especialmente en el caso de las hembras, manteniendo la tendencia a la reducción por encima del nivel de esfuerzo actual.

En las Tablas 5.13 y 5.14 se presentan los resultados del análisis de Sensibilidad de los rendimientos por recluta, realizados para detectar el efecto que, sobre el rendimiento, tiene la variación de un 20 %, tanto positiva como negativamente, de los parámetros aplicados en el modelo de rendimiento. Los resultados muestran una baja sensibilidad del modelo frente a las variaciones, excepto en el caso de las variaciones realizadas sobre el parámetro  $b$  de la relación talla-peso, que resultó altamente sensible; en una menor medida también resulta sensible el modelo a variaciones del parámetro  $a$  de la relación talla-peso, y a variaciones de la talla máxima teórica de la especie ( $L_{\infty}$ ); estos resultados son comunes a todas las áreas y se manifiestan en ambos sexos.

**Tabla 5.13.- Resultados del análisis de sensibilidad del rendimiento, biomasa y biomasa reproductora por recluta de los machos de *A. antennatus* frente a variaciones del +/- 20 % en los parámetros de crecimiento absoluto, relativo y mortalidades, para cada zona estudiada.**

Zona	Machos							Rendimiento recluta y/r	Biomasa recluta B/r	Biomasa reproductora SSB
	$L_{\infty}$	K	$t_0$	a	b	M	Fter			
<b>Alicante</b>	<b>51.0</b>	<b>0.360</b>	<b>-0.520</b>	<b>0.002061</b>	<b>0.53225</b>	<b>0.46</b>	<b>1.00</b>	<b>3.76</b>	<b>3.31</b>	<b>2.47</b>
-20 % $L_{\infty}$	40.8	0.360	-0.520	0.002061	0.53225	0.46	1.00	2.82	4.47	3.36
+20 % $L_{\infty}$	61.2	0.360	-0.520	0.002061	0.53225	0.46	1.00	4.29	2.69	2.01
-20 % K	51.0	0.288	-0.520	0.002061	0.53225	0.46	1.00	3.26	3.79	2.78
+20 % K	51.0	0.432	-0.520	0.002061	0.53225	0.46	1.00	4.13	2.94	2.22
-20 % $t_0$	51.0	0.360	-0.416	0.002061	0.53225	0.46	1.00	3.76	3.31	2.47
+20 % $t_0$	51.0	0.360	-0.624	0.002061	0.53225	0.46	1.00	3.76	3.31	2.47
-20 % a	51.0	0.360	-0.520	0.001649	0.53225	0.46	1.00	3.01	2.65	1.98
+20 % a	51.0	0.360	-0.520	0.002473	0.53225	0.46	1.00	4.51	3.97	2.97
-20 % b	51.0	0.360	-0.520	0.002061	0.42580	0.46	1.00	<b>0.74</b>	<b>0.72</b>	<b>0.5</b>
+20 % b	51.0	0.360	-0.520	0.002061	0.63870	0.46	1.00	<b>19.29</b>	<b>15.52</b>	<b>12.23</b>
-20 % M	51.0	0.360	-0.520	0.002061	0.53225	0.37	1.00	4.23	3.53	2.66
+20 % M	51.0	0.360	-0.520	0.002061	0.53225	0.55	1.00	3.34	3.11	2.29
-20 % Fter	51.0	0.360	-0.520	0.002061	0.53225	0.46	0.80	3.74	3.35	2.51
+20 % Fter	51.0	0.360	-0.520	0.002061	0.53225	0.46	1.20	3.77	3.28	2.45
<b>Ibiza</b>	<b>55.0</b>	<b>0.380</b>	<b>-0.430</b>	<b>0.003156</b>	<b>2.402246</b>	<b>0.46</b>	<b>1.00</b>	<b>5.32</b>	<b>3.8</b>	<b>2.77</b>
-20 % $L_{\infty}$	44.0	0.380	-0.430	0.003156	2.402246	0.46	1.00	4.37	4.88	3.53
+20 % $L_{\infty}$	66.0	0.380	-0.430	0.003156	2.402246	0.46	1.00	5.86	3.16	2.33
-20 % K	55.0	0.304	-0.430	0.003156	2.402246	0.46	1.00	4.74	4.35	3.12
+20 % K	55.0	0.456	-0.430	0.003156	2.402246	0.46	1.00	5.73	3.38	2.5
-20 % $t_0$	55.0	0.380	-0.344	0.003156	2.402246	0.46	1.00	5.32	3.8	2.77
+20 % $t_0$	55.0	0.380	-0.516	0.003156	2.402246	0.46	1.00	5.32	3.8	2.77
-20 % a	55.0	0.380	-0.430	0.002525	2.402246	0.46	1.00	4.26	3.04	2.22
+20 % a	55.0	0.380	-0.430	0.003787	2.402246	0.46	1.00	6.39	4.56	3.33
-20 % b	55.0	0.380	-0.430	0.003156	1.921797	0.46	1.00	<b>1.08</b>	<b>0.85</b>	<b>0.59</b>
+20 % b	55.0	0.380	-0.430	0.003156	2.882695	0.46	1.00	<b>26.25</b>	<b>17.16</b>	<b>13.22</b>
-20 % M	55.0	0.380	-0.430	0.003156	2.402246	0.37	1.00	5.87	4.02	2.96
+20 % M	55.0	0.380	-0.430	0.003156	2.402246	0.55	1.00	4.82	3.59	2.6
-20 % Fter	55.0	0.380	-0.430	0.003156	2.402246	0.46	0.80	5.27	3.88	2.86
+20 % Fter	55.0	0.380	-0.430	0.003156	2.402246	0.46	1.20	5.35	3.74	2.72
<b>Vera</b>	<b>55.0</b>	<b>0.360</b>	<b>-0.330</b>	<b>0.005292</b>	<b>2.25940</b>	<b>0.46</b>	<b>1.0</b>	<b>4.97</b>	<b>4.85</b>	<b>3.86</b>
-20 % $L_{\infty}$	44.0	0.360	-0.330	0.005292	2.25940	0.46	1.0	3.56	6.41	5.12
+20 % $L_{\infty}$	66.0	0.360	-0.330	0.005292	2.25940	0.46	1.0	5.82	3.93	3.13
-20 % K	55.0	0.288	-0.330	0.005292	2.25940	0.46	1.0	4.22	5.51	4.31
+20 % K	55.0	0.432	-0.330	0.005292	2.25940	0.46	1.0	5.55	4.31	3.46
-20 % $t_0$	55.0	0.360	-0.264	0.005292	2.25940	0.46	1.0	4.97	4.85	3.86
+20 % $t_0$	55.0	0.360	-0.396	0.005292	2.25940	0.46	1.0	4.97	4.85	3.86
-20 % a	55.0	0.360	-0.330	0.004234	2.25940	0.46	1.0	3.98	3.88	3.09
+20 % a	55.0	0.360	-0.330	0.006350	2.25940	0.46	1.0	5.97	5.82	4.63
-20 % b	55.0	0.360	-0.330	0.005292	1.80752	0.46	1.0	<b>1.10</b>	<b>1.21</b>	<b>0.91</b>
+20 % b	55.0	0.360	-0.330	0.005292	2.71128	0.46	1.0	<b>22.50</b>	<b>19.75</b>	<b>16.38</b>
-20 % M	55.0	0.360	-0.330	0.005292	2.25940	0.37	1.0	5.67	5.23	4.20
+20 % M	55.0	0.360	-0.330	0.005292	2.25940	0.55	1.0	4.35	4.50	3.54
-20 % Fter	55.0	0.360	-0.330	0.005292	2.25940	0.46	0.8	4.97	4.86	3.87
+20 % Fter	55.0	0.360	-0.330	0.005292	2.25940	0.46	1.2	4.98	4.84	3.85



**Tabla 5.14.- Resultados del análisis de sensibilidad del rendimiento, biomasa y biomasa reproductora por recluta de las hembras de *A.antennatus* frente a variaciones del +/- 20 % en los parámetros de crecimiento absoluto, relativo y mortalidades, para cada zona estudiada.**

Hembras											
Zona	Parámetro							Rendimiento	Biomasa	Biomasa	
	$L_{\infty}$	K	$t_0$	a	b	M	Fter	recluta y/r	recluta B/r	reproductora SSB	
<b>Alicante</b>	<b>77.0</b>	<b>0.380</b>	<b>-0.065</b>	<b>0.001879</b>	<b>2.56269</b>	<b>0.46</b>	<b>1.00</b>	<b>7.87</b>	<b>4.96</b>	<b>3.8</b>	
-20 % $L_{\infty}$	61.6	0.380	-0.065	0.001879	2.56269	0.37	0.8	6.34	7.25	5.75	
+20 % $L_{\infty}$	92.4	0.380	-0.065	0.001879	2.56269	0.55	1.2	8.73	3.97	3.02	
-20 % K	77.0	0.304	-0.065	0.001879	2.56269	0.46	1.00	6.98	5.79	4.4	
+20 % K	77.0	0.456	-0.065	0.001879	2.56269	0.46	1.00	8.51	4.33	3.34	
-20 % $t_0$	77.0	0.380	-0.052	0.001879	2.56269	0.46	1.00	7.87	4.96	3.8	
+20 % $t_0$	77.0	0.380	-0.078	0.001879	2.56269	0.46	1.00	7.87	4.96	3.8	
-20 % a	77.0	0.380	-0.065	0.001503	2.56269	0.46	1.00	6.29	3.97	3.04	
+20 % a	77.0	0.380	-0.065	0.002254	2.56269	0.46	1.00	9.44	5.95	4.56	
-20 % b	77.0	0.380	-0.065	0.001879	2.05015	0.46	1.00	<b>1.33</b>	<b>0.92</b>	<b>0.65</b>	
+20 % b	77.0	0.380	-0.065	0.001879	3.07523	0.46	1.00	<b>47.06</b>	<b>27.45</b>	<b>22.35</b>	
-20 % M	77.0	0.380	-0.065	0.001879	2.56269	0.37	1.00	8.65	5.21	4.01	
+20 % M	77.0	0.380	-0.065	0.001879	2.56269	0.55	1.00	7.14	4.72	3.6	
-20 % Fter	77.0	0.380	-0.065	0.001879	2.56269	0.46	0.80	7.86	5	3.84	
+20 % Fter	77.0	0.380	-0.065	0.001879	2.56269	0.46	1.20	7.87	4.93	3.77	
<b>Ibiza</b>	<b>73.0</b>	<b>0.363</b>	<b>-0.406</b>	<b>0.002425</b>	<b>2.483638</b>	<b>0.46</b>	<b>1.00</b>	<b>7.72</b>	<b>5.95</b>	<b>4.4</b>	
-20 % $L_{\infty}$	58.4	0.363	-0.406	0.002425	2.483638	0.46	1.00	5.84	8.34	6.3	
+20 % $L_{\infty}$	87.6	0.363	-0.406	0.002425	2.483638	0.46	1.00	8.81	4.76	3.49	
-20 % K	73.0	0.290	-0.406	0.002425	2.483638	0.46	1.00	6.66	6.86	5.01	
+20 % K	73.0	0.436	-0.406	0.002425	2.483638	0.46	1.00	8.49	5.24	3.9	
-20 % $t_0$	73.0	0.363	-0.325	0.002425	2.483638	0.46	1.00	7.72	5.95	4.4	
+20 % $t_0$	73.0	0.363	-0.487	0.002425	2.483638	0.46	1.00	7.72	5.95	4.4	
-20 % a	73.0	0.363	-0.406	0.001940	2.483638	0.46	1.00	6.17	4.76	3.52	
+20 % a	73.0	0.363	-0.406	0.002910	2.483638	0.46	1.00	9.26	7.15	5.28	
-20 % b	73.0	0.363	-0.406	0.002425	1.986910	0.46	1.00	<b>1.35</b>	<b>1.17</b>	<b>0.8</b>	
+20 % b	73.0	0.363	-0.406	0.002425	2.980366	0.46	1.00	<b>44.39</b>	<b>31.13</b>	<b>24.29</b>	
-20 % M	73.0	0.363	-0.406	0.002425	2.483638	0.37	1.00	8.66	6.35	4.73	
+20 % M	73.0	0.363	-0.406	0.002425	2.483638	0.55	1.00	6.86	5.58	4.09	
-20 % Fter	73.0	0.363	-0.406	0.002425	2.483638	0.46	0.80	7.71	5.96	4.4	
+20 % Fter	73.0	0.363	-0.406	0.002425	2.483638	0.46	1.20	7.72	5.95	4.39	
<b>Vera</b>	<b>75.0</b>	<b>0.400</b>	<b>-0.230</b>	<b>0.002812</b>	<b>2.45870</b>	<b>0.46</b>	<b>1.0</b>	<b>9.84</b>	<b>9.80</b>	<b>8.02</b>	
-20 % $L_{\infty}$	60.0	0.400	-0.230	0.002812	2.45870	0.46	1.0	7.92	14.33	12.13	
+20 % $L_{\infty}$	90.0	0.400	-0.230	0.002812	2.45870	0.46	1.0	10.91	7.84	6.37	
-20 % K	75.0	0.320	-0.230	0.002812	2.45870	0.46	1.0	8.72	11.44	9.28	
+20 % K	75.0	0.480	-0.230	0.002812	2.45870	0.46	1.0	10.64	8.56	7.04	
-20 % $t_0$	75.0	0.400	-0.184	0.002812	2.45870	0.46	1.0	9.84	9.80	8.02	
+20 % $t_0$	75.0	0.400	-0.276	0.002812	2.45870	0.46	1.0	9.84	9.80	8.02	
-20 % a	75.0	0.400	-0.230	0.002250	2.45870	0.46	1.0	7.86	7.84	6.41	
+20 % a	75.0	0.400	-0.230	0.003374	2.45870	0.46	1.0	11.80	11.76	9.62	
-20 % b	75.0	0.400	-0.230	0.002812	1.96696	0.46	1.0	<b>1.66</b>	<b>1.82</b>	<b>1.37</b>	
+20 % b	75.0	0.400	-0.230	0.002812	2.95044	0.46	1.0	<b>58.82</b>	<b>54.24</b>	<b>47.14</b>	
-20 % M	75.0	0.400	-0.230	0.002812	2.45870	0.37	1.0	10.81	10.30	8.46	
+20 % M	75.0	0.400	-0.230	0.002812	2.45870	0.55	1.0	8.92	9.33	7.59	
-20 % Fter	75.0	0.400	-0.230	0.002812	2.45870	0.46	0.8	9.82	9.88	8.10	
+20 % Fter	75.0	0.400	-0.230	0.002812	2.45870	0.46	1.2	9.84	9.74	7.95	

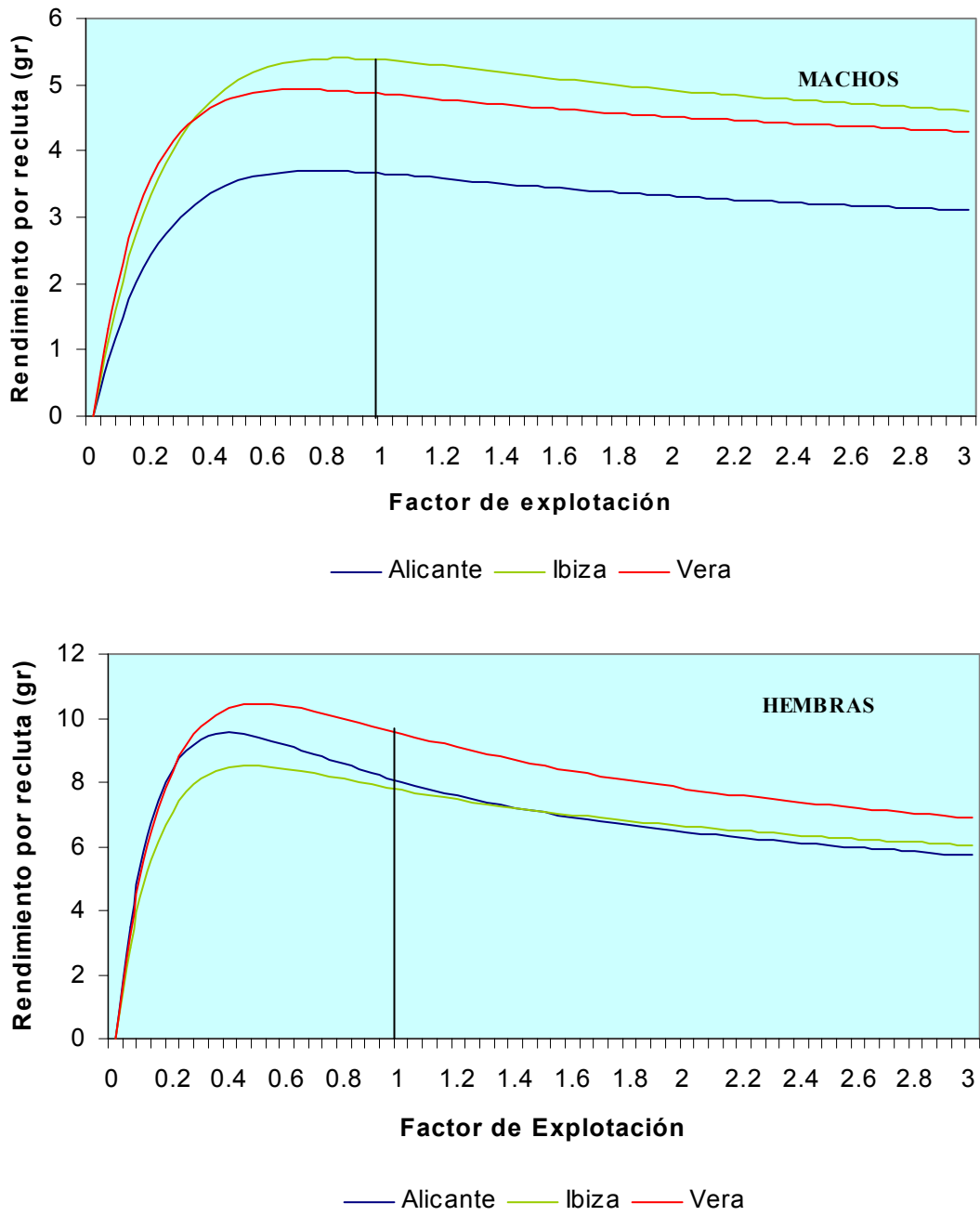


Figura 5.15.- Curvas de rendimiento por recluta ( $y/r$ ) para machos y hembras de *A. antennatus* obtenidos en las distintas zonas de estudio; factor de explotación actual = 1.

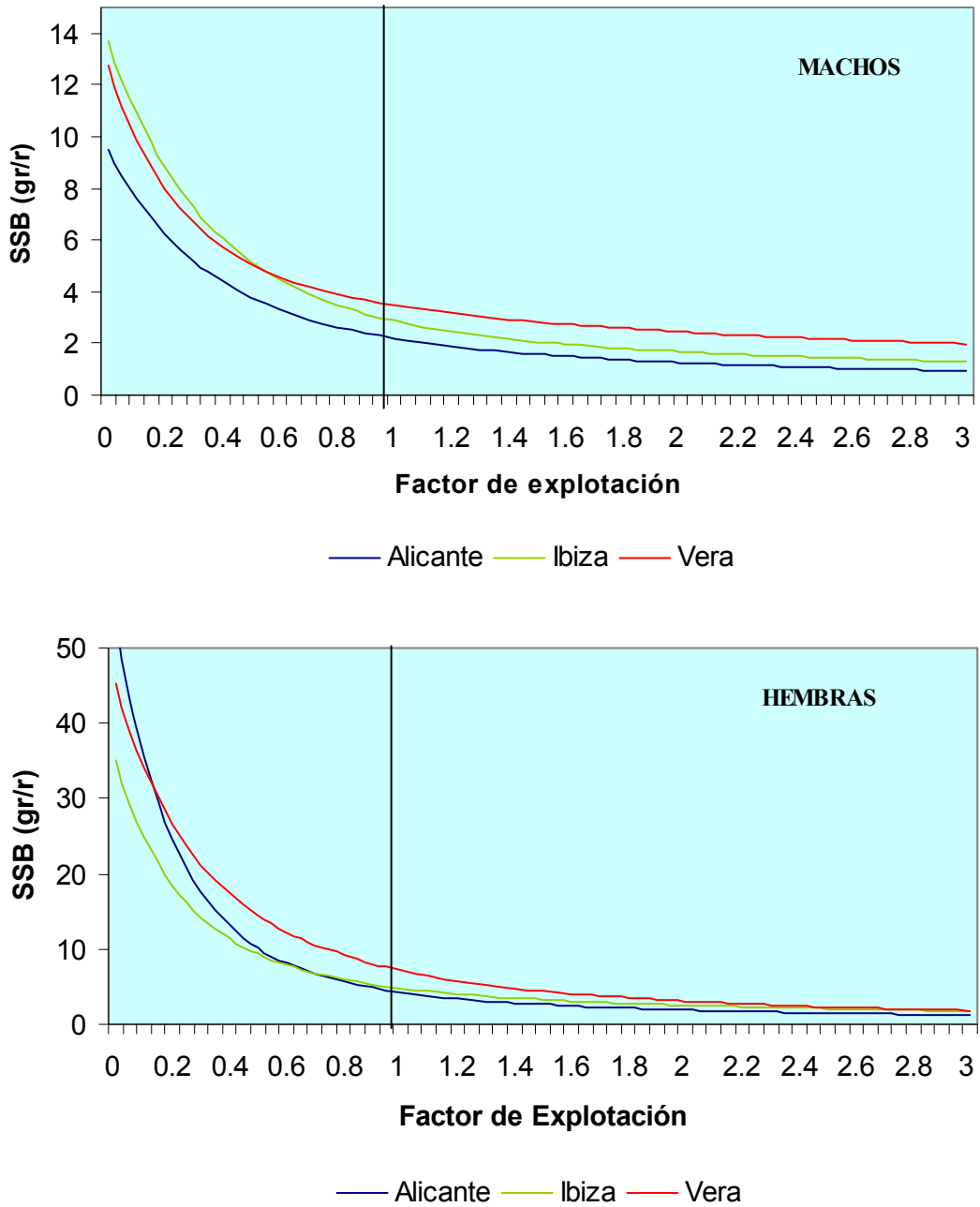


Figura 5.16.- Curvas de biomasa reproductora por recluta (SSB7r) (g/r) para *A. antennatus* obtenidos en las distintas zonas de estudio; factor de explotación actual = 1.

Tabla 5.15.- Principales resultados del análisis de rendimiento por recluta (y/r) global de *A. antennatus* en las distintas zonas estudiadas.

	Alicante	Ibiza	Vera
Rendimiento por recluta (y/r) (g)	11.67	13.13	14.39
Rendimiento máximo MY (g)	12.97	13.69	15.31
Biomasa por recluta (B/r) (g)	8.44	10.25	13.4
Biomasa óptima por recluta (g)	17.77	15.4	21.57
Biomasa virgen (T)	1017.5	780.8	1581.3
Esfuerzo óptimo (fmy)	0.45	0.60	0.55

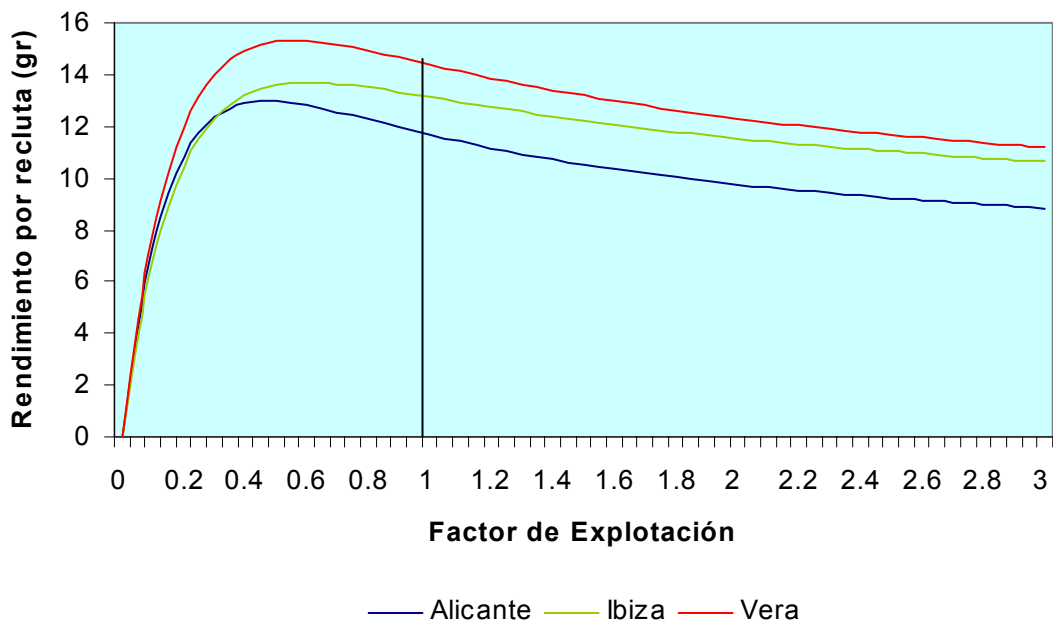


Figura 5.17.- Curvas de rendimiento total (ambos sexos) por recluta (y/r) para *A. antennatus* obtenidos en las distintas zonas de estudio; factor de explotación actual = 1.

En la comparación de los rendimientos globales del recurso, machos y hembras conjuntamente, se observan (Tab. 5.15) rendimientos similares entre las zonas, aunque los valores son ligeramente superiores en el Golfo de Vera, seguido del Canal de Ibiza y finalmente del Golfo de Alicante que aporta los rendimientos más bajos; esta tendencia también se observa en la biomasa por recluta.

La biomasa óptima por recluta también muestra diferencias, así como la Biomasa Virgen, muestran una tendencia diferente ya que, aunque se mantiene el Golfo de Vera como la zona de mayores biomásas, es seguida por el Golfo de Alicante, quedando el Canal de Ibiza como la zona de menores biomásas, representando la virgen un 50 % de la del Golfo de Vera.

Los resultados de la proyección de una hipotética variación del esfuerzo se exponen en la Figura 5.17, pudiendo observarse una tendencia similar a la obtenida en la simulación por sexos separados; esto es una tasa de sobreexplotación que situaría el Esfuerzo Óptimo alrededor del 50 % del actual en las tres zonas, disminuyendo los rendimientos de forma paulatina en las zonas del Golfo de Vera y Canal de Ibiza (tendiendo a igualarse), mientras que la disminución de los rendimientos sería más rápida en la zona del Golfo de Alicante.

*5.4.3.3.4. Resultados del APV*

En la Tabla 5.16 se exponen las matrices de capturas y total desembarcado, por clase de edad, en el Golfo de Alicante durante el periodo de estudio. En la Tabla 5.17 se exponen las matrices de mortalidades, por clase de edad, obtenidas en el Golfo de Alicante por la aplicación del VPA Separable. En general la actuación de las mortalidades F resulta comparable entre los distintos grupos de edad en los distintos años, sobre todo si consideramos las medias de las mortalidades ( $F_{bar}$ ) a lo largo del periodo. Las mortalidades son mayores en las clases de edad de 1 año en adelante, tanto en machos como en hembras, clases que representan la fracción madura de la población. Los resultados del Separable no han evidenciado la existencia de cambio de explotación en el periodo estudiado.

En la Tabla 5.18 se presentan las matrices del número de individuos por clase de edad, sexo y año, mostrando una ligera disminución de las abundancias totales y de la clase 0 de las hembras a lo largo del periodo considerado. Se observa una gran relación en los valores con los obtenidos en el LCA. Los reclutamientos se mantienen muy constantes en los distintos años, especialmente en los machos.

En la Tabla 5.19 se muestran los resultados obtenidos de biomasa del stock al inicio de cada año, observándose unas tendencias similares a las numéricas, con una tendencia a la disminución de los valores a lo largo del periodo estudiado; partiendo del año 1995, la biomasa total disminuye rápidamente en 1996, estabilizándose durante 1997 y 1998.

Las abundancias numéricas y de biomasa del stock reproductor muestra unas tendencias similares a la población, representando las hembras, en general, biomasa tres veces superiores a las de los machos.

**Tabla 5.16.- Matriz de capturas por clase de edad de *A. antennatus* (machos y hembras) desembarcadas en el puerto de Santa Pola y capturadas en el Golfo de Alicante.**

Capturas en número				
Machos				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	1 485 016	1 402 395	1 461 067	1 446 786
1	3 881 609	2 720 974	2 830 540	2 525 407
2	262 317	126 219	9 4808	134 499
Total	5 628 942	4 249 588	4 386 414	4 106 693
Desembarcos (t)	34	23	23	22
Hembras				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	2 599 358	2 333 555	2 669 183	2 020 333
1	9 141 533	5 310 105	4 938 807	4 838 495
2	356 747	514 332	488 742	41 8077
3	45 620	53 478	56 103	85 725
4			7 754	3 847
5			3 187	322
Total	12 143 258	8 211 470	8 163 777	7 366 798
Desembarcos (t)	135	96	93	88

**Tabla 5.17.- Matriz de mortalidades por pesca (F) por edades de *A. antennatus* (machos y hembras) en el Golfo de Alicante según los resultados del VPA Separable..**

Machos					
Mortalidad F	1995	1996	1997	1998	F bar
Edad					
0	0.2842	0.2632	0.2941	0.2489	0.2687
1	2.2746	2.2317	2.288	2.1142	2.2113
2	2.2746	2.2317	2.288	2.1142	
F bar 0-4	1.2794	1.2474	1.291	1.1816	
Hembras					
Mortalidad F	1995	1996	1997	1998	F bar
Edad					
0	0.2418	0.2371	0.2577	0.2372	0.244
1	2.3292	1.816	1.8772	1.6283	1.7738
2	1.4784	1.8245	1.4271	1.4014	1.551
3	2.2172	1.6119	2.193	1.9951	1.9334
4	0	0	2.3208	2.0327	1.4512
5+	0	0	2.3208	2.0327	
F bar 0-4	1.2533	1.0979	1.6152	1.4589	

**Tabla 5.18.- Matriz de abundancias (miles de individuos) de la población al inicio de cada año y por edades de *A. antennatus* (machos y hembras) para el Golfo de Alicante según los resultados del VPA Separable.**

<b>Machos</b>							
Stock ini num	Med.Geom.Media Arit.						
Edad	1995	1996	1997	1998	1999	1995-96	1995-96
0	7 409	7 486	7 075	8 116	-	7 448	7 448
1	4 991	3 520	3 632	3 329	3 995	4 192	4 255
2	337	163	122	177	267		
Total	12 737	11 170	10 829	11 622	4 262		

<b>Hembras</b>							
Stock ini num	Med Geom.Media Arit.						
Edad	1995	1996	1997	1998	1999	1995-96	1995-96
0	14 962	13 667	14 517	11 827	-	14 300	14 315
1	11 664	7 417	6 807	7 083	5 889	9 301	9 540
2	546	717	762	658	878	626	632
3	59	79	73	115	102	68	69
4	0	4	10	5	10	0.1	2
5+	0	0	4.07	0.43	0.46		
Total	27 232	21 884	22 173	19 689	6 880		

**Tabla 5.19- Matriz de biomاسas (T) de la población (machos y hembras) al inicio de cada año y por edades de *A. antennatus* para el Golfo de Alicante.**

<b>Machos</b>				
Biomasa ini. (T)				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	16	16	15	17
1	35	24	24	23
2	5	2	2	3
Total	55	42	40	42

<b>Hembras</b>				
Biomasa ini. (T)				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	33	29	31	25
1	146	98	91	94
2	19	25	26	23
3	3	4	4	6
4	0	0	1	0.4
5+	0	0	0.4	0.04
Total	201	156	154	149



**Tabla 5.20.- Matriz de individuos reproductores en número (miles) de la población (machos y hembras) al inicio de cada año y por edades de *A. antennatus* para el Golfo de Alicante.**

<b>Machos</b>				
Reproductores miles				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	2 571	2 598	2 455	2 816
1	4 971	3 506	3 618	3 315
2	337	163	122	177
<b>Hembras</b>				
Reproductores miles				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	3 682	3 364	3 573	2 911
1	11 536	7 335	6 732	7 005
2	546	717	762	658
3	59	79	73	115
4	0	4	10	5
5+	0	0	4	0.4

**Tabla 5.21.- Matriz de biomasa de individuos reproductores (SSB) de la población (machos y hembras) al inicio de cada año y por edades de *A. antennatus* para el Golfo de Alicante.**

<b>Machos</b>				
SSB Tm				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	5	5	5	6
1	35	24	24	22
2	5	2	2	3
Total	45	31	31	31
<b>Hembras</b>				
SSB Tm				
Edad	1995	1996	1997	1998
0	8	7	8	6
1	144	97	90	93
2	19	25	26	23
3	3	4	4	6
4	0	0	1	0.4
5+	0	0	0.4	0.04
Total	175	133	130	129

Los resultados obtenidos al tratar conjuntamente ambos sexos en la evaluación Separable, así como los resultados de la evaluación Calibrada, apenas muestran diferencias, obteniéndose valores muy similares a la suma de los obtenidos para cada sexo independientemente. Las matrices de capturas en número de ambos sexos, así como las capturas totales anuales se presentan en la tabla 5.22. Los resultados del análisis Separable han mostrado un buen ajuste, ya que en 21 iteraciones se pasa de una suma de cuadrados de residuos de 36.14 en inicio a un valor final de 3.17; la matriz de residuos de los logaritmos de las Capturas muestra (Tab.5.23) un valor muy próximo a 0 en el total general de los residuos (filas y columnas): los valores de los residuos son bajos ( $<0.5$ ) salvo en el grupo plus de los dos primeros años, debido a la inexistencia de capturas de esa edad en esos años. No se observan tendencias en las columnas (efecto año), ni en las diagonales (efecto cohorte), no observándose cambios en el patrón de explotación (efecto bandera); los vectores del patrón de selección por edad (S), expresado como proporción de cada edad con respecto a la edad de referencia (un año en nuestro caso), vector de mortalidad natural (M) (fijo en nuestro caso) y el vector de intensidad de la mortalidad pesquera anual (F), obtenidos se presentan en la Tabla 5.24. En el caso del Calibrado, se alcanzó un valor total de residuo de 0.052 entre las iteraciones 29 y 30, distribuido equilibradamente entre las distintas edades: Se ha chequeado la calidad de los datos de cada “flota de calibración”; tanto las CPUEs estandarizadas de la flota comercial de Santa Pola, como los índices de abundancia MEDITS; en el modelo se ha asumido que la capturabilidad es independiente de los reclutamientos a partir del 2º año. Los resultados obtenidos, para cada flota, en los residuos de los logaritmos de la capturabilidad ( $\log q$ ) muestran (Figs. 5.18 y 5.19) valores bajos, no evidenciando tendencias, efectos ni cambios de explotación, de manera similar a lo observado en el caso de los residuos de los logaritmos de capturas

del Separable, por lo que se asume la adecuación de los datos de calibración elegidos. En la Tabla 5.25 se exponen las matrices de mortalidades, por clase de edad, obtenidas en el Golfo de Alicante según los dos métodos aplicados. Se observa gran similitud entre los resultados obtenidos por el Separable y el XSA. En la Tabla 5.26 se presentan las matrices del número de individuos por clase de edad y año; se observa una casi coincidencia en los valores obtenidos en los dos métodos aplicados, mostrando una ligera disminución de las abundancias totales y de la clase 0 a lo largo del periodo considerado, aunque en este último caso se puede considerar que los reclutamientos son muy estables. La biomasa del stock al inicio de cada año, muestra (Tab. 5.27) una gran similitud entre los resultados y mostrando una tendencia a la disminución de los valores a lo largo del periodo estudiado (Fig. 5.20) de la misma manera a lo observado al tratar los sexos separadamente: Los resultados obtenidos por el Separable y el XSA muestran resultados paralelos.

En el caso de la población reproductora (SSB) al inicio de cada año, vemos (Tab.5.28) resultados muy similares en ambos métodos, dando valores de biomasa ligeramente superiores el método Calibrado. La mayor diferencia entre métodos se observa en la relación Biomasa de Reclutamiento-Biomasa Reproductora (Fig. 5.21), en que dentro de una tendencia similar a la disminución de las Biomosas consideradas a lo largo del tiempo, se observan valores ligeramente más altos en los resultados del XSA.

**Tabla 5.22.- Matriz de capturas por clase de edad de *A. antennatus* (ambos sexos) desembarcadas en el puerto de Santa Pola y capturadas en el Golfo de Alicante.**

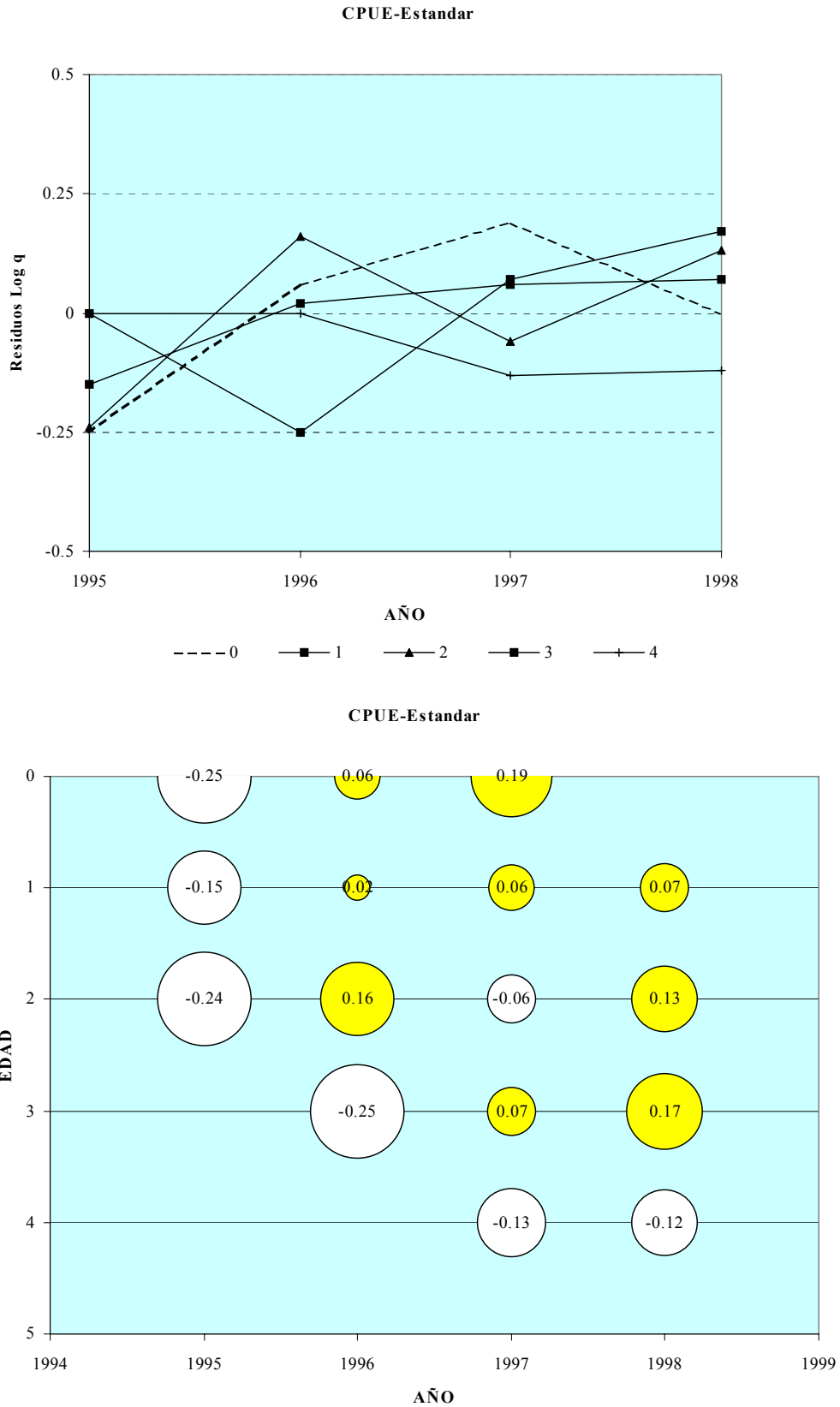
Capturas en número				
Clase de Edad	1995	1996	1997	1998
0	4 084 374	3 735 949	4 130 250	3 467 119
1	13 023 142	8 031 079	7 769 347	7 363 902
2	619 064	640 551	583 550	552 576
3	45 620	53 478	56 103	85 725
4	0	0	7754	3847
5	0	0	3187	322
Total	17 772 200	12 461 057	12 550 191	11 473 491
Desembarcos (t)	168	120	116	111

**Tabla 5.23.- Matriz de Residuos de capturas obtenida por el Separable para las capturas por clase de edad de *A. antennatus* (ambos sexos) desembarcadas en el puerto de Santa Pola y capturadas en el Golfo de Alicante; en azul valores de residuo negativos, en amarillo valores positivos.**

Años	1995/96	1996/97	1997/98	Residuos totales	Peso
Edad					
0/ 1	-0.117	0	0.135	0.018	0.008
1/ 2	0.003	0.004	0.002	0.01	1
2/ 3	-0.044	0.294	-0.24	0.01	0.004
3/ 4	1.351	-1.038	-0.304	0.009	0.001
Residuos totales	0.003	0.005	0.002	0.046	
Peso	1	1	1		

**Tabla 5.24.- Vectores de patrón de selección por edad (S), de mortalidad Natural (M) y de intensidad de la mortalidad pesquera anual (F) obtenidos por el Separable para *A. antennatus* (ambos sexos).**

Edad	Valor S	M	Año	Valor F
0	0.119	0.46	1995	2.4409
1	1.000	0.46	1996	2.0998
2	0.859	0.46	1997	2.1019
3	1.220	0.46	1998	2
4	1.500	0.46		



**Figura 5.18.-** Representación de los residuos del logaritmo de la capturabilidad ( $\text{Log } q$ ) por clase de edad y año para la calibración con las CPUE estandarizadas; las "burbujas" son proporcionales al valor, en amarillo residuos positivos; en blanco negativos.

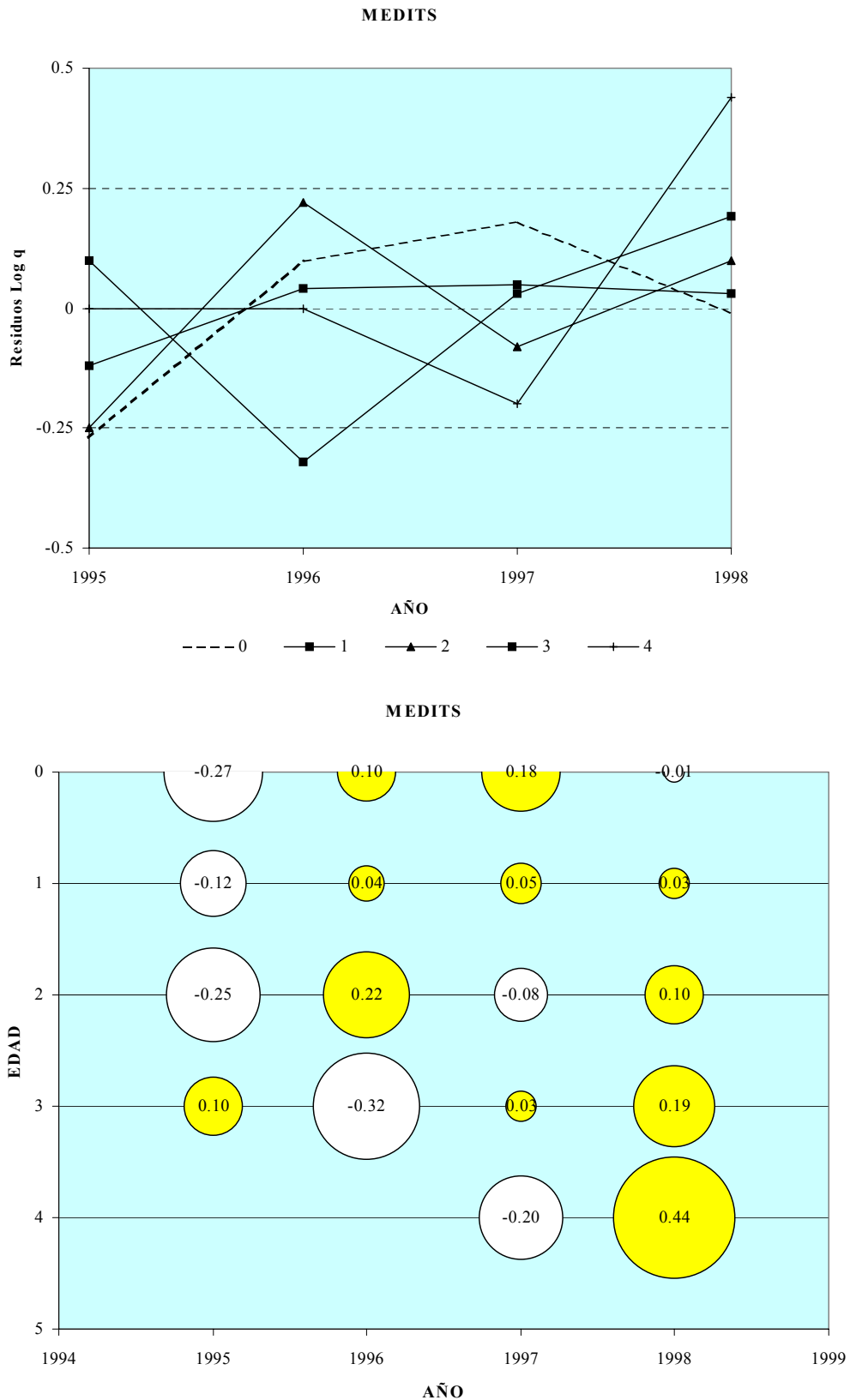


Figura 5.19.- Representación de los residuos del logaritmo de la capturabilidad ( $\text{Log } q$ ) por clase de edad y año para la calibración con los índices de abundancia MEDITS; las "burbujas" son proporcionales al valor, en amarillo residuos positivos; en blanco negativos.

**Tabla 5.25.- Matriz de mortalidades por pesca (F) por edades de *A. antennatus* (machos y hembras conjuntamente) en el Golfo de Alicante según las distintas metodologías.**

<b>Resultados Separable</b>					
Mortalidad F					
Edad	1995	1996	1997	1998	F bar
0	0.261	0.248	0.265	0.237	0.250
1	2.482	2.049	2.054	1.687	1.930
2	1.916	2.008	1.562	1.511	1.694
3	2.195	1.613	2.206	2.000	1.939
4	0.000	0.000	2.331	2.117	1.483
5+	0.000	0.000	2.331	2.117	
F bar 0-4	1.371	1.184	1.683	1.510	
<b>Resultados XSA</b>					
Mortalidad F					
Edad	1995	1996	1997	1998	F bar
0	0.247	0.237	0.268	0.209	0.238
1	2.492	2.065	2.127	2.016	2.069
2	1.903	1.995	1.574	1.789	1.786
3	2.894	1.520	2.128	2.213	1.953
4	0.000	0.000	1.715	1.626	1.114
5+	0.000	0.000	1.715	1.626	
F bar 0-4	1.507	1.163	1.562	1.570	

**Tabla 5.26.- Matriz de abundancias (miles de individuos) de la población al inicio de cada año y por edades de *A. antennatus* (machos y hembras conjuntamente) para el Golfo de Alicante según las distintas metodologías aplicadas.**

		<b>Resultados Separable</b>					Media Geom.	Media Arit.
Stock ini num		1995	1996	1997	1998	1999	1995-1996	1995-1996
Edad	0	22 002	21 007	21 910	20 310	0	21 499	21 505
	1	16 297	10 705	10 347	10 611	10 115	13 208	13 501
	2	846	860	871	837	1240	853	853
	3	59	79	73	115	117	68	69
	4	0	4	10	5	10	0	2
	5+	0	0	4	0	0		
<b>Total</b>		<b>39 205</b>	<b>32 655</b>	<b>33 215</b>	<b>31 880</b>	<b>11 482</b>		
		<b>Resultados XSA</b>					Media Geom.	Media Arit.
Stock ini num		1995	1996	1997	1998	1999	1995-1996	1995-1996
Edad	0	23 477	22 287	22 137	23 118	0	22 874	22 882
	1	17 869	11 575	11 101	10 693	11 840	14 382	14 722
	2	916	933	926	835	900	924	924
	3	61	86	80	121	88	72	73
	4	0	2	12	6	9	0	1
	5+	0	0	5	0	1		
<b>Total</b>		<b>42 322</b>	<b>34 884</b>	<b>34 261</b>	<b>34 774</b>	<b>12 838</b>		



**Tabla 5.27.- Matriz de biomاسas (T) de la población (machos y hembras conjuntamente) al inicio de cada año y por edades de *A. antennatus* para el Golfo de Alicante.**

		<b>Resultados Separable</b>			
Stock ini peso T		1995	1996	1997	1998
Edad					
	0	47	45	46	43
	1	176	119	113	118
	2	22	26	27	25
	3	3	4	4	6
	4	0	0	1	0.4
	5+	0	0	0.4	0.04
Total		248	195	192	193
		<b>Resultados XSA</b>			
Stock ini peso T		1995	1996	1997	1998
Edad					
	0	50	47	47	49
	1	193	129	121	119
	2	24	28	29	25
	3	3	5	5	7
	4	0	0	1	0.4
	5+	0	0	0.4	0.04
Total		271	210	203	200

**Tabla 5.28- Matriz de número (miles) y biomásas (T) de la población reproductora (SSB) al inicio de cada año y por edades de *A. antennatus* para el Golfo de Alicante.**

<b>Resultados separable</b>				
Reproductores miles	1995	1996	1997	1998
0	6 525	6 230	6 498	6 023
1	16 175	10 625	10 269	10 532
2	846	860	871	837
3	59	79	73	115
4	0	4	10	5
5+	0	0	4	0
Total	23 606	17 798	17 725	17 514
<b>Resultados XSA</b>				
Reproductores miles	1995	1996	1997	1998
0	6 962	6 610	6 565	6 856
1	17 736	11 489	11 018	10 613
2	916	933	926	835
3	61	86	80	121
4	0	2	12	6
5+	0	0	5	0
Total	25 674	19 120	18 606	18 432
<b>Resultados Separable</b>				
SSB Tm	1995	1996	1997	1998
0	14	13	14	13
1	175	118	112	117
2	22	26	27	25
3	3	4	4	6
4	0	0	1	0.4
5+	0	0	0.4	0.04
Total	214	162	158	161
<b>Resultados XSA</b>				
SSB Tm	1995	1996	1997	1998
0	15	14	14	15
1	191	128	121	118
2	24	28	29	25
3	3	5	5	7
4	0	0	1	0.4
5+	0	0	0.4	0.04
Total	234	175	169	165

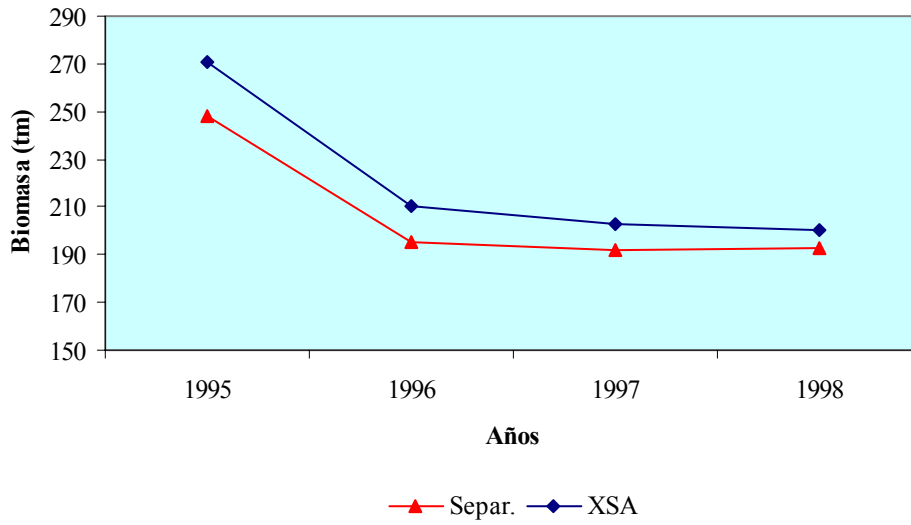


Figura 5.20.- Evolución de la biomasa (t) del stock al inicio de cada año, según los diferentes métodos aplicados.

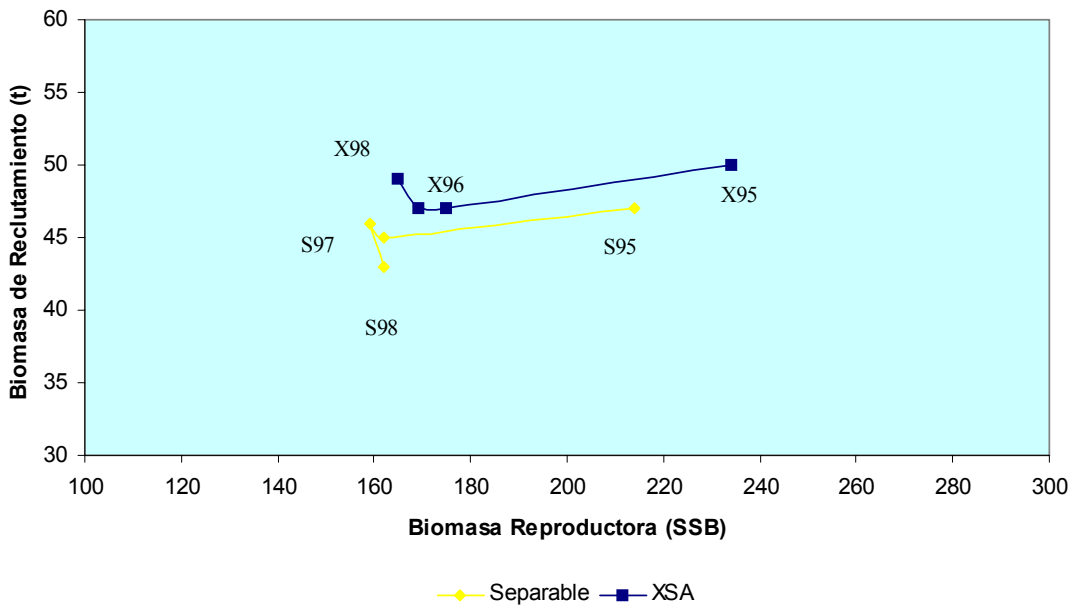


Figura 5.21.- Relación Stock-Reclutamiento (B/R-SSB) de *A. antennatus* (total) en los diferentes años y según metodologías.

#### 5.4.3.3.6. Comparación entre zonas

Para poder establecer comparaciones entre las tres zonas, se ha realizado un único análisis sobre una cohorte sintética, promedio de las anuales de cada serie, para cada zona y empleando los datos totales de captura promedio, extrapolados para el total de cada zona (Tabla 5.29), por medio del programa VIT.

Los resultados obtenidos tanto en la matriz de mortalidades por pesca (Tabla 5.30) como en la matriz de abundancias y biomasa medias del stock (Tabla 5.31) para cada sexo, resultan coherentes con los datos obtenidos en los análisis realizados sobre las series anuales, aunque los valores obtenidos de biomasa resultan ser inferiores en el VIT, quizá debido a la manera de calcularlas ya que tanto el Separable como el XSA utilizan los pesos medios de las clases de edad, mientras que el VIT utiliza los parámetros de crecimiento.

Si bien el volumen de desembarcos en las zonas de Golfo de Alicante y Canal de Ibiza resultan similares entre ellas (Tabla 5.8) los desembarcos del Golfo de Vera representan casi la suma de los desembarcos habidos en las otras dos zonas y, consecuentemente, los valores numéricos y de biomasa obtenidos en el Golfo de Vera resultan mucho mayores que los encontrados en las otras dos zonas.

Así vemos (Fig. 5.22) que la comparación de las biomasa del reclutamiento y de las biomasa medias de la población, tanto para machos como para hembras de *A. antennatus* en las tres zonas estudiadas, reflejan esta situación dando al stock del Golfo de Vera una dimensión que abarca a las otras dos zonas, pudiendo considerarse el Canal de Ibiza la segunda en importancia, y finalmente el Golfo de Alicante, en cuanto a biomasa de stock se refiere.

**Tabla 5.29.- Matriz de capturas por edades y desembarcos de machos y hembras de *A. antennatus* en las diferentes zonas estudiadas.**

	Machos			Hembras		
	Alicante	Ibiza	Vera	Alicante	Ibiza	Vera
Edad						
0	1 525 811	793 626	498 073	3 100 584	4 492 310	6 942 487
1	3 237 226	1 154 309	7 288 386	8 154 983	7 209 161	9 094 694
2	171 448	24 788	1 328 860	555 061	649 429	1 719 064
3			8 188	74 429	63 898	341 292
4				3 282	1 531	9 056
5				1 027		
Total	4 934 485	1 972 723	9 123 507	11 889 365	12 416 329	18 106 592
Desembarcos (t)	27.65	14.95	69.82	136.15	154.75	278.58

**Tabla 5.30.- Matriz de mortalidades por pesca (F) por edades de machos y hembras de *A. antennatus* para las diferentes zonas estudiadas.**

Mortalidad Pesca	Machos			Hembras		
	Alicante	Ibiza	Vera	Alicante	Ibiza	Vera
Edad						
0	0.252	0.373	0.046	0.204	0.306	0.306
1	2.306	3.127	3.925	2.13	1.953	1.266
2	1.5	1.5	1.65	1.665	1.985	1.422
3			1.5	2.245	3.025	2.93
4				0.954	1.5	1.5
5				1.5		
Media	1.353	1.667	1.78	1.45	1.754	1.485
Global	0.653	0.785	0.722	0.612	0.663	0.581

**Tabla 5.31.- Matriz de abundancias (miles de individuos) y biomاسas (T) de individuos al inicio del año en el mar, por edades de machos y hembras de *A. antennatus* para las diferentes zonas estudiadas.**

	Machos			Hembras		
	Alicante	Ibiza	Vera	Alicante	Ibiza	Vera
Número al inicio						
Edad						
0	8 449	3 133	13 681	20 821	21 037	32 452
1	4 144	1 362	8 245	10 721	9 783	15 082
2	261	38	103	805	876	2684
3	0	0	12	96	76	409
4	0	0	0	6	2	14
5	0	0	0	2	0	0
Biomasa al inicio						
Edad						
0	4.2	1.9	4.4	2.2	15.6	9.4
1	20.2	10.4	42.0	82.1	103.5	169.1
2	3.1	0.7	1.3	21.7	23.6	84.0
3	0.0	0.0	0.3	4.7	3.3	21.2
4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	1.0
5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Total	27	13	48	109	146	285

**Tabla 5.32.- Matriz de abundancias (miles de individuos) y biomاسas (T) de individuos medios en el mar, por edades de machos y hembras de *A. antennatus* para las diferentes zonas estudiadas.**

Número medio	Machos			Hembras		
	Alicante	Ibiza	Vera	Alicante	Ibiza	Vera
Edad						
0	6 043	2 126	10 735	15 216	14 699	22 669
1	1 404	369	1 857	3 829	3 691	7 182
2	114	17	43	333	327	1 209
3	0	0	5	33	21	116
4	0	0	0	3	1	6
5	0	0	0	1	0	0
Total	7 561	2 512	12 640	19 416	18 739	31 182
Biomasa media	Alicante	Ibiza	Vera	Alicante	Ibiza	Vera
Edad						
0	12.7	6.5	22.7	32.7	61.5	87.0
1	9.5	3.8	12.3	49.7	57.2	130.5
2	1.6	0.4	0.6	11.5	10.6	46.8
3	0	0	0.1	1.8	1.0	6.6
4	0	0	0	0.3	0.1	0.4
5	0	0	0	0.1	0	0
Total	23.8	10.7	35.8	96.0	130.4	271.5
SSB	15.5	6.9	20.0	70.9	87.8	206.6

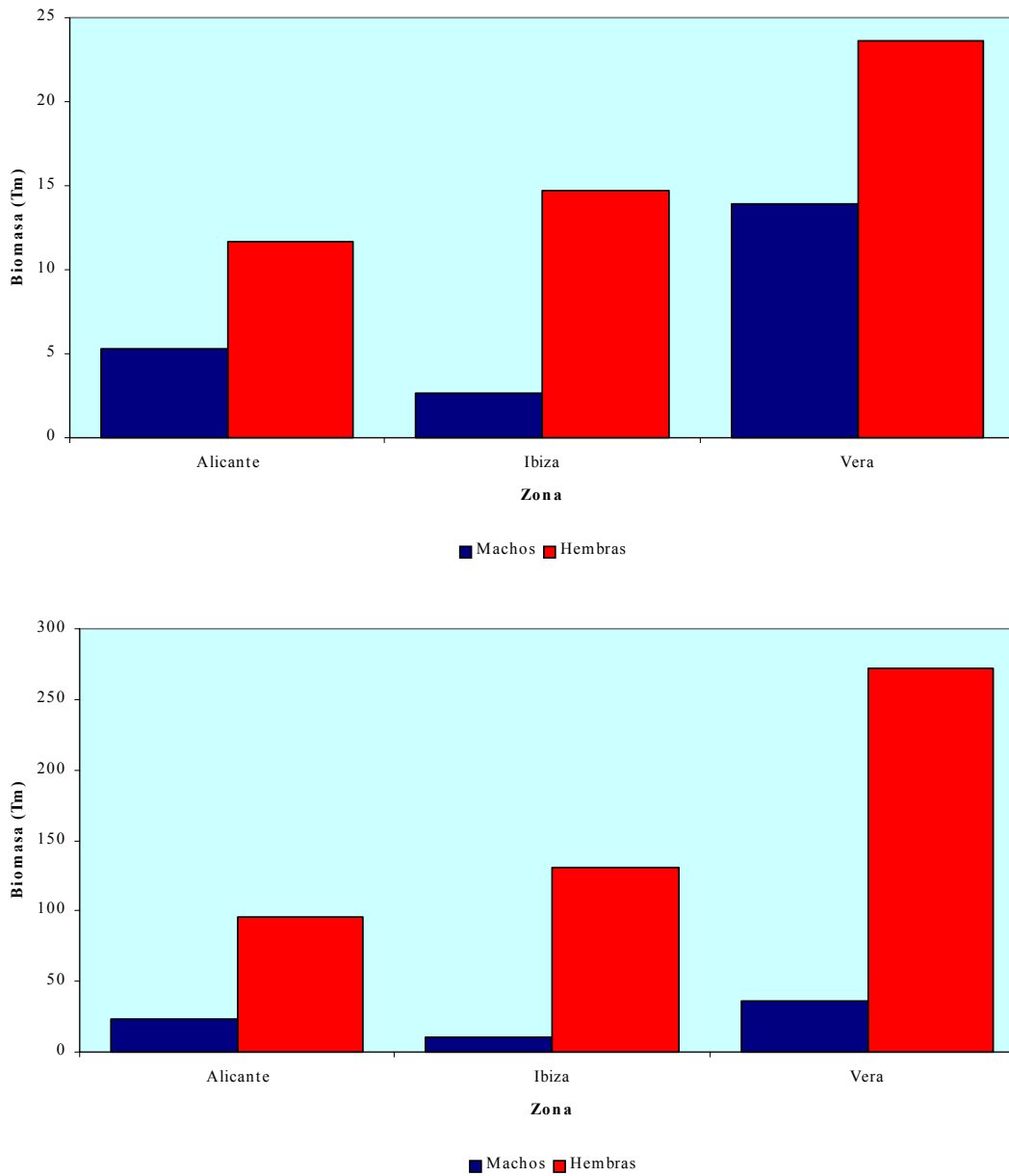


Figura 5.22.- Comparación de las biomásas del reclutamiento (arriba) y de las biomásas medias de la población (abajo) para machos y hembras de *A. antennatus* en las tres zonas estudiadas.



### **5.5. Discusión**

El estudio de las series de capturas y esfuerzo aplicado para cada uno de los puertos representativos de las tres zonas de estudio muestra, a grandes rasgos, una evolución similar. La calidad de los datos recopilados ha sido variable, resultando poco indicativos los obtenidos en el puerto de Garrucha, debido a su escasa desagregación.

A escala anual, Tobar y Sadá (1987) describen fluctuaciones sincrónicas en los desembarcos de *A. antennatus* en Cataluña, con una periodicidad de 8-10 años, observando una variabilidad mensual que oscila entre máximos estivales o invernales, según los puertos de control se localicen en la zona norte o sur del litoral catalán. Esta periodicidad y sincronía anual ha sido observada también en aguas de Baleares por Carbonell *et al* (1999), quienes describen un periodo de 8.7 años. En esta Memoria y debido a la cortedad de las series, no se ha realizado un análisis armónico de los datos de capturas anuales, ya que los autores mencionados trabajaron con series de 50 años. En general se observan unas grandes oscilaciones mensuales en los valores de las capturas desembarcadas, aunque no se observa estacionalidad en la variación.

Las correlaciones entre captura desembarcada mensual y el esfuerzo que las acompañó, en forma de días de pesca empleados, fueron siempre positivas y significativas, mientras que las correlaciones entre la captura mensual y la CPUE, expresada en Kg7barco/día, aunque positivas no resultaron significativas: este hecho se puede atribuir a variaciones del número de embarcaciones que intervinieron en la captura, procedentes de otros puertos base, y intervinieron en la captura esporádicamente, no siendo *A. antennatus* su especie objetivo habitual, distorsionando la correlación entre los datos.

La evolución general de las capturas y del esfuerzo, medido tanto en número de barcos como en de días de pesca, a lo largo del tiempo es de disminución paulatina en los tres puertos estudiados; sin embargo las CPUEs muestran una ligera tendencia positiva a lo

largo del periodo, lo que en una primera interpretación podría atribuirse al efecto beneficioso que sobre las CPUEs tiene una reducción del esfuerzo. La tendencia mostrada en la relación entre capturas y esfuerzo ha resultado ser, en los puertos estudiados, positiva, tendiendo a aumentar las capturas conforme aumentamos el esfuerzo, lo que podría hacer pensar que la explotación del recurso no ha alcanzado su rendimiento máximo sostenible.

En los grupos de actividad identificados, y pesar de que las embarcaciones pertenecientes al Grupo 2 tienen que navegar más tiempo que las del Grupo 1 para alcanzar los caladeros, las diferencias entre las características medias de las flotas es muy pequeña, e incluso ligeramente favorables al Grupo 1. Sin embargo, la diferencia entre las CPUE medias nominales, entre los dos grupos son muy altas; los coeficientes del Modelo elegido para la estandarización, dan valores de tasas de captura para el Grupo 2, relativas al Grupo 1, (Grupo 1, CPUE = 17.9; Grupo 2, CPUE = 31.3) muy distintas, aunque la diferencia es menor que en el caso de las CPUEs nominales. Hay que tener en cuenta que, una embarcación, puede aparecer un mes en un Grupo y al siguiente en el otro, según el patrón específico que haya desarrollado durante el periodo, lo cual explica la escasa diferencia entre las características físicas medias de las embarcaciones de los grupos. Sin embargo, y en general, se distinguen claramente dos tipos de actividad dentro de la flota, con respecto a la gamba roja, un grupo que pesca gamba roja esporádicamente (Grupo 1) y otro grupo en que la gamba roja es claramente la especie objetivo (Grupo 2).

Las variaciones anuales de los coeficientes de abundancia estimados muestran una suave disminución durante el periodo estudiado, con una pequeña recuperación en el último año; sin embargo el rango de las variaciones observadas es muy pequeño, pudiendo considerarse casi constante entre años, en contraste con lo obtenido del

análisis de las CPUEs nominales, que muestran una disminución continuada. Las variaciones estacionales de los coeficientes de abundancia, muestran dos épocas de abundancia; primavera y, en menor medida, otoño, mientras que los valores más bajos de abundancia se detectan en el verano y en invierno. En el caso del Modelo con interacciones, la única interacción significativa es la del Año:Mes, cuyo nivel de significación indica que las variaciones mensuales de las tasas de captura no son iguales entre los meses de un año a otro.

El Modelo General explica un 52 % de la variación observada, siendo el barco, el año y el mes, en orden decreciente de importancia, los factores que deben ser tenidos en cuenta. Los tres factores son significativos, lo cual implica que las variaciones de las tasas de captura se deben principalmente a: El barco considerado; el año elegido y, con menor importancia, el mes o estación. En el Modelo para el Grupo 2, se explica un 62 % de la variación, con los factores ordenados en el mismo orden de importancia que en el Modelo General.

En estudios similares, el factor barco (o Grupo de actividad) resulta ser asimismo el factor más importante; por ejemplo, en otras áreas, Hoey *et al* (1996) encontraron un valor del 56 % para los barcos en la pesca del pez espada, y Large (1992) obtuvo valores de un 20 % en una pesquería de lenguado. En el Mediterráneo, Goñi *et al* (2000), encontró hasta un 54 % para la categoría de embarcación en la pesquería de la merluza en Castellón. En el caso de la gamba roja, en el Modelo general la importancia del Grupo de embarcación no es tan grande, debido a la selección previa que se realizó, tomando las embarcaciones que presentaban alguna captura de gamba roja.

Por otra parte, la importancia del efecto Año, especialmente en el Modelo para el Grupo 2, es mucho mayor que en los estudios mencionados anteriormente, existiendo diferencias relativas entre los años, aunque de escasa cuantía. Las variaciones

estacionales muestran mayores abundancias relativas en primavera y otoño que en verano e invierno; por el contrario, Sardá *et al* (1997) en las costas catalanas, encuentran mayores abundancias en primavera y verano en el talud, mientras que la abundancia es mayor a finales de verano e invierno en los cañones: En su trabajo, Sardá *et al* (1997), efectuaron el seguimiento de las capturas de una embarcación que realizaba lances en distintas zonas, con la idea de optimizar las capturas. En el presente caso, las variaciones estacionales deben ser atribuidas más a características biológicas de la especie objetivo, que a variaciones de la estrategia de pesca de la flota durante el año, ya que no se ha detectado ninguna tendencia en éste último caso, salvo la común de optimizar la captura. En el Capítulo 4 de la presente Memoria se expone que, tanto en el área de estudio de este Apartado, como en las vecinas, la reproducción de la especie tiene lugar en verano, principalmente de Junio a Septiembre y con especial intensidad entre Julio y Agosto, coincidiendo con los meses de descenso más acusado de las abundancias relativas de la especie. Esta coincidencia temporal sugiere una relación entre ambos sucesos, por lo que parece acertado deducir que las abundancias de *A. antennatus* disminuyen en las zonas de explotación durante la reproducción anual de la especie.

Por otra parte, las tendencias anuales de las CPUEs estandarizadas de gamba roja, muestran un patrón similar a los índices anuales de abundancia estimados por Campaña, hecho ya destacado por Alvarez *et al* (2001) para la merluza del Mediterráneo, lo que sugiere la validez del uso de las CPUEs estandarizadas como índice de abundancia del recurso. Consecuentemente, se puede concluir que existen grandes diferencias entre el empleo de CPUEs nominales o aquellas obtenidas después de la caracterización de la flota y la estandarización de las CPUEs obtenidas; de todos modos el empleo de

técnicas de agrupamiento de flota, como el Clustering aglomerativo, como paso previo a la estandarización de las CPUEs resulta muy recomendable.

Los Modelos de Producción que asumen un estado de equilibrio, han sido ampliamente contestados; la revisión crítica de Larkin (1977) sobre el concepto de rendimiento máximo sostenible y sobre su aplicación, así como las críticas de Sissenwine (1978) a los modelos de producción ajustados con la asunción de equilibrio, llevaron a que, su utilización en las evaluaciones que se realizan en la actualidad haya caído en desuso. Sin embargo algunos autores (Barber, 1988, Holt, 1981) mantienen su validez, por su sencillez, como parte de un esquema de gestión multi-facetado; así mismo pueden resultar de utilidad en casos que se pretenda dar simplemente una aproximación al estado de la explotación, contrastándolos con resultados obtenidos en otros estudios realizados por la aplicación otros modelos.

Las aplicaciones de Modelos de Producción a la pesquería de *A. antennatus*, en el Mediterráneo, son escasas; Pereiro y Fernández (1974) realizaron una aplicación de modelos de producción, de Schaefer y de Fox, a las pesquerías de *A. antennatus* de la plataforma Balear sobre una serie de 21 años, concluyendo que en ambos casos, se había sobrepasado ligeramente el punto de máxima captura en 1969, recomendando la aplicación de medidas de control concretas. Pocos años más tarde, Cirugeda y Gracia (1977), repiten el análisis prolongando la serie hasta 1974, concluyendo que si bien continúan observando una situación de sobrepesca, la situación ha mejorado, situándose las capturas en un 20 % del RMS. Mas recientemente, Sobrino (1998) aplicó Modelos de producción (Schaefer y Fox) a la pesquería de *Parapenaeus longirostris* de los caladeros marroquíes del Atlántico: Trabajando sobre una serie de 15 años, obtiene valores similares de esfuerzo máximo y de producción máxima sostenible al aplicar tanto el Modelo de Schaefer como el de Fox, concluyendo que el estado del stock es de

plena explotación. Como ya comentamos, en nuestro caso y debido a que las series temporales de captura-esfuerzo con que se cuenta son periodos cortos, no ha sido posible realizar los ajustes.

En los Modelos Analíticos, la representatividad de los muestreos de talla, y de las capturas empleadas en los análisis anuales es bastante elevada. La estructura de edades obtenida muestra diferencias entre los sexos y entre las zonas, apareciendo hasta cuatro clases de edad en machos en el Golfo de Vera (tres años de longevidad), mientras que en las hembras aparecen hasta seis clases de edad en el Golfo de Alicante (cinco años de longevidad). Los resultados, dentro de cada zona, para cada año son idénticos al emplear los mismos parámetros para cada zona. Los datos de composición de tallas y edades medias de las capturas para los distintos años y zonas se mantienen más o menos homogéneos entre años, especialmente en el caso de las hembras, situándose en la clase de 1 a 2 años (1.3 años) en ambos casos. Las tallas y edades medias de las capturas encontradas resultan similares a las descritas por Martínez-Baños (1997) en Murcia, aunque las tallas medias del Golfo de Vera resulten ligeramente superiores; sin embargo Demestre (1990) en Cataluña, encuentra tallas medias y edades medias de captura más elevadas que las presentadas en esta Memoria.

La situación de cada zona, según los resultados del LCA, muestra diferencias entre las zonas, tanto en el número medio de la población como en los valores de las biomásas medias de la misma. Los valores de mortalidad por pesca media oscilan alrededor del 1.5, mientras que, consecuentemente, los valores de mortalidad total lo hacen en torno al 1.9, concentrándose las mortalidades en las clases de talla más altas; estos valores de  $F$ , que equivalen a casi tres veces los de  $M$ , resultan muy elevados y representan que de 4 muertes producidas, 3 lo serían por pesca. Las entradas de biomasa muestran una contribución del reclutamiento más alta para los machos, con una contribución del

crecimiento menor que en las hembras debido a las diferencias de crecimiento entre sexos; los reclutamientos medios en ambos sexos son importantes numéricamente. Las salidas de biomasa están más o menos equilibradas en ambos sexos, mostrando unas tasas de renovación muy elevadas. La relación entre la biomasa media anual y la biomasa virgen muestra valores similares a los expuestos por Martínez Baños (1997) para Murcia, aunque son más bajos los de las hembras, pudiendo ser considerados como indicativos de sobreexplotación, especialmente en las hembras del Golfo de Alicante.

La tendencia general de los rendimientos entre zonas es la misma, con los rendimientos de los machos sin mostrar apenas alteración frente a los incrementos de esfuerzo, aportando éstos mayor rendimiento en el Canal de Ibiza, seguido del Golfo de Vera y del Golfo de Alicante; mientras que las hembras muestran una ligera disminución, aunque de poca entidad, frente al aumento del esfuerzo, con mayores rendimientos en el Golfo de Vera, seguido del Golfo de Alicante y del Canal de Ibiza, aunque en éste último la respuesta frente a un hipotético incremento del esfuerzo es más estable que en las otras dos zonas. Sin embargo, si consideramos la respuesta de la biomasa reproductora por recluta, la disminución de los rendimientos es muy acusada a partir de punto de rendimiento óptimo, manteniendo la tendencia a la disminución una vez superado el nivel de esfuerzo actual. En general los valores de rendimientos de las hembras resultan, al menos, el doble que los encontrados para los machos, resultando la biomasa virgen mayor en casi un orden de magnitud. Los valores de rendimiento por recluta son similares a los encontrados por Martínez-Baños (1997) en la región de Murcia, mientras que los de los machos resultan superiores y los de las hembras inferiores respectivamente, a los presentados por Demestre (1997) para Cataluña. El esfuerzo óptimo coincide con el actual en el caso de los machos del Canal de Ibiza, situándose en un 25 % menor que el actual para los machos y en un 50 % del actual en

las hembras en los demás casos, lo que sugiere una tasa moderada de sobreexplotación, más patente en el caso de las hembras. Para el recurso considerado globalmente, sin separación de los sexos, los rendimientos resultan cercanos, aunque no iguales, entre las zonas; los mejores rendimientos se obtienen en el Golfo de Vera, seguido del Canal de Ibiza y finalmente, del Golfo de Alicante; las biomásas, por el contrario resultan mayores en el Golfo de Vera, seguido del de Alicante y del Canal de Ibiza, que llega a representar sólo el 50 % de la Biomasa Virgen del Golfo de Vera. El esfuerzo óptimo se sitúa en torno al 50 % del actual en las tres zonas.

Los Análisis de la Población Virtual, realizados para la serie anual del Golfo de Alicante, muestran que la clase con mayor contribución de biomasa en las capturas es la de 1 a 2 años, seguida de la clase de 0 a 1 año; si bien numéricamente es más importante la clase 0 a 1 en todos los casos. Los valores de mortalidad por clase de edad muestran una tendencia común en todos los casos, comenzando a observarse valores de  $F$  altos a partir de la clase de 1 y siguientes actuando sobre los individuos maduros, ya que a partir de la edad 1 los individuos están totalmente reclutados a la pesquería; la mortalidad media fluctúa alrededor del valor de la  $F_{ter}$  (1.5), lo que resulta un valor elevado si lo comparamos con  $M$ . En todos los casos, los valores obtenidos de reclutamiento, tanto en número como en biomasa, y biomásas totales por clases de edad, fueron mucho mayores en las hembras que en los machos. La relación entre la Biomasa del Reclutamiento anual y la Biomasa Reproductora anual de hembras de *A. antennatus* para cada zona, muestra una disminución de la Biomasa Reproductora, con los reclutamientos muy constantes, durante los años controlados. A lo largo del periodo estudiado en el Golfo de Alicante, no se han detectado cambios en el patrón de explotación, manteniéndose los reclutamientos muy constantes. Los análisis realizados sobre el conjunto de los individuos, machos y hembras conjuntamente, han mostrado



unos resultados muy similares con los resultados del análisis de los sexos por separado. Existe una gran coincidencia en los resultados obtenidos por el método Separable y el Calibrado, mostrando las mismas tendencias que las obtenidas en el Separable para los sexos independientemente, aunque los valores de numéricos y de Biomosas obtenidos por el método Calibrado sean ligeramente superiores a los del método Separable en todos los casos.

En la comparación entre zonas, y en el caso de los machos, vemos que tanto el reclutamiento, como la población media (tanto en número como en biomasa) muestran valores diferentes entre las zonas; el Golfo de Vera, muestra los valores más altos, seguido por el Golfo de Alicante, y el Canal de Ibiza que muestra los valores más bajos. En el caso de las hembras, destaca con valores altos de reclutamiento, número y peso medio de la población, el Golfo de Vera, seguido del Canal de Ibiza, mientras que los valores más bajos se registran en el Golfo de Alicante. Las tallas y las edades medias de la población resultan muy similares entre el Golfo de Alicante y el Canal de Ibiza, siendo ligeramente superiores en el Golfo de Vera. En general las biomosas encontradas en las zonas, resultan inferiores a las calculadas por Demestre y Lleonart (1993) para Cataluña, siendo similares durante el periodo 1987-1989 e inferiores a las del periodo 1990 y 1991, a las propuestas por Martínez-Baños (1997) para Murcia.

La equivalencia de los datos obtenidos por el programa VIT con los resultados de los VPA anuales del Golfo de Alicante obtenidos por el Separable y el Calibrado, ha sido bastante grande, tal como han constatado otros autores (Demestre, 1990; Aldebert y Recasens, 1996) comparando resultados de VPA obtenidos por medio del VIT y otros programas, como el ANACO (Mesnil, 1989) en gamba roja de Cataluña y en la merluza del Golfo de León, respectivamente. En nuestro caso se observan pequeñas diferencias en mortalidades por pesca y número de individuos del stock; por otra parte se han

observado grandes diferencias en las biomásas obtenidas, que son atribuibles al hecho de que, tanto el Separable como el Calibrado, utilizan para los cálculos de biomasa los valores medios de biomasa en cada clase de edad. En el caso de *A. antennatus*, las diferencias de crecimiento y longevidad observadas en la especie, dificulta el tratamiento conjunto de los sexos, ya que los datos pueden resultar distorsionados, fundamentalmente en cuanto a los cálculos de biomásas. Un fenómeno similar se puede observar entre los resultados del LCA y los del APV como consecuencia de los agrupamientos de clases de talla en clases de edad. De todos modos la concordancia de los datos es elevada, no detectándose cambios en el patrón de explotación y mostrando unos reclutamientos estables, como cabría esperar en una especie de profundidad, lo que favorece las asunciones del programa VIT.

En resumen, vemos que el esquema de explotación responde a los mismos patrones tanto a lo largo del tiempo, entre años, como en las distintas zonas. Conviene recordar el hecho de que en las tres zonas se observa una paulatina disminución de las capturas de *A. antennatus*, así como del esfuerzo aplicado (número de barcos, días) a lo largo del periodo de estudio y de manera similar en las tres zonas, destacando el hecho de que las capturas que se observan en el Golfo de Vera, representan la suma de capturas del Golfo de Alicante y Canal de Ibiza conjuntamente. Este hecho nos sugiere la estabilidad del esquema de explotación en las tres zonas, ya que a pesar de las diferencias en el volumen de capturas que se reflejan en los valores de biomásas, los resultados muestran un esquema de explotación muy similar en las tres zonas, sin mostrar cambios a lo largo del tiempo.

Si embargo si consideramos los valores de biomásas y rendimientos, tanto anuales como por zonas, vemos que muestran un esquema de sobrexplotación, más cercano al óptimo en algún caso en los machos, mientras que ésta sobrexplotación resulta más patente en las

hembras. En conjunto nos muestra un esquema no tan cercano al esquema de explotación óptima descrito por otros autores para zonas próximas, como Cataluña (Demestre y Leonart, 1993; Demestre y Martín, 1993; Demestre *et al.*, 1994) o Murcia (Martínez Baños, 1997). Sin embargo el recurso parece ser capaz de asumir incrementos del esfuerzo pesquero sin apenas alteraciones de los rendimientos, con menor capacidad en el Golfo de Alicante, mostrando una elevada capacidad de producción de biomasa (Turnover), toda vez que el vector mortalidad por pesca tiene un mayor efecto en las clases de mayor edad, ya que la mortalidad se centra en la fracción madura de la población, especialmente en el caso de las hembras; por otra parte, la evolución del rendimiento de la biomasa reproductora evidencia el riesgo de colapso del stock en el caso de que, al alcanzarse un nivel muy bajo de la SSB se pierda la capacidad de mantener el reclutamiento.

Esta capacidad de asumir variaciones del esfuerzo manteniendo los rendimientos, puede ser debido tanto al hecho de mantener reclutamientos estables, como al hecho de que no todo el recurso es accesible a la explotación, ya que la explotación se basa en las clases de edad mayores en las que predominan las hembras, dejando una parte importante de la población, donde predominan los machos o las proporciones están más equilibradas, en zonas más profundas; esta parte de la población actuaría como un “reservorio” suministrando constantemente juveniles a las zonas de explotación.

## **5.6. Recomendaciones**

Según los análisis de las Capturas, especialmente de las tendencias frente al esfuerzo, la situación del recurso sería de subexplotación, permitiendo un incremento del esfuerzo, que se vería acompañado de un aumento de las capturas; por otra parte, las tendencias de las CPUEs corregidas, tomadas como índice de abundancia del recurso, nos muestran una situación estable a lo largo del periodo de estudio.

Sin embargo estas conclusiones, al ser contrastadas con los resultados suministrados por la aplicación a la pesquería de *A. antennatus* de Modelos Analíticos, nos muestran un escenario bien distinto: Así vemos que los valores obtenidos en los Modelos Analíticos, especialmente en cuanto a biomاسas y rendimientos se refiere, muestran un esquema de sobreexplotación, más patente en las hembras; sin embargo el recurso es capaz de asumir incrementos del esfuerzo pesquero sin apenas alteraciones de los rendimientos, mostrando una elevada capacidad de producción de biomasa, aunque la respuesta de los rendimientos de los reproductores comprometen seriamente cualquier asunción de incremento del esfuerzo.

A la vista de estos resultados contradictorios entre las distintas aproximaciones realizadas, conviene recordar el Principio de Precaución, y conceder mayor credibilidad a las estimaciones procedentes de los Modelos Analíticos tal como aplican, hoy en día, las Comisiones de Estudio de Pesquerías Nacionales e Internacionales, como I.C.E.S., N.A.F.O., C.E.C.A.F y C.I.E.S.M.

Para corregir la situación de sobreexplotación en que se encuentran los recursos de *A. antennatus* en las tres zonas estudiadas, sería deseable una importante reducción del esfuerzo pesquero en cada una de las zonas, en torno al 50 % del actual; como hemos visto ésta es la tendencia de las flotas, aunque conviene enfatizar en que esta tendencia se mantenga a largo plazo. El hecho de observarse disminuciones significativas de las

CPUEs durante el verano, así como el hecho de que los reclutamientos hayan mostrado una estabilidad a lo largo del periodo de estudio, junto al hecho de que la luz de malla no resulta un mecanismo muy efectivo en el caso de *A. antennatus* para regular las tallas de primera captura, aunque sí lo sea la geometría de la malla (Masutti, *com. pers.*) lleva a la conclusión de que el establecimiento de Vedas temporales puede resultar en una herramienta eficaz en el fin de disminuir el esfuerzo. Estas Vedas temporales han venido aplicándose, tanto a instancias de las Administraciones como a petición del sector, aunque no siempre con un criterio adecuado; en general la duración de estas vedas ha venido siendo de dos meses al año, lo que supone una reducción del esfuerzo en un 17 %, que se puede considerar como moderado: Sin embargo la biomasa generada por el recurso en ese espacio de tiempo, es capturada por la flota en un tiempo más o menos corto, al reiniciar la explotación con lo que la situación vuelve al punto de partida en breve plazo (Fernández, *com. pers.*).

En las actuales circunstancias, además de procurar reducir el esfuerzo disminuyendo el número de embarcaciones operativas, el establecimiento de Vedas temporales ha de basarse en criterios biológicos, sugiriendo que los periodos de Veda “biológica” se hagan coincidir dentro la época de reproducción de *A. antennatus*, esto es entre los meses de junio a septiembre, facilitando la reproducción de la especie y disminuyendo la mortalidad de los reproductores, lo que a largo plazo favorecería la recuperación de la población.

## 6. CONCLUSIONES

- 1) En las zonas de estudio, la explotación de *Aristeus antennatus* está ligada a la existencia de zonas aplaceradas en el talud continental, situadas en las proximidades de cañones submarinos: Los sedimentos superficiales de estas zonas pueden pertenecer a cualquiera de las tres clases granulométricas; fangosos, arenoso-fangosos y arenas medias, reflejando la variabilidad granulométrica de los sedimentos superficiales de los caladeros de las zonas.
- 2) Las profundidades donde se desarrollan los procesos biológicos y donde se realiza la explotación de *Aristeus antennatus*, se caracterizan por ser zonas de influencia de Agua Levantina Intermedia (LIW), desde los 300 m hasta los 600 m y de Aguas Profundas (DW) por debajo de los 700 m, destacándose la estabilidad de las condiciones del medio. *Aristeus antennatus* debe considerarse como una especie estenoterma y estenohalina, ya que las variaciones del medio donde se encuentra oscilan en un estrecho rango de 0,65° de temperatura y de 0,11 ‰ de Salinidad.
- 3) Se ha confirmado la presencia de *A. antennatus* en las zonas de estudio en un rango de profundidades comprendido entre una profundidad mínima de aparición de 350 m y una máxima de 1 153 m; se han definido geográficamente un total de 17 caladeros en las zonas de prospección, de los cuales 6 se localizan en el Golfo de Alicante, otros 6 en el Canal de Ibiza y los 5 restantes en la zona sur del Golfo de Vera. Las profundidades de las zonas de pesca localizadas son mayores en el Golfo de Vera, seguidas del Canal de Ibiza y las menos profundas se localizan en el Golfo de Alicante.

- 4) La especie objetivo (*A. antennatus*) tiene una gran representación en el total de las capturas obtenidas en las diferentes zonas, en torno al 55 % en peso; la zona en que mostró mayor porcentaje de contribución fue la del Golfo de Vera, seguida del Golfo de Alicante y finalmente del Canal de Ibiza, que muestra los valores más bajos de contribución.
- 5) La caracterización de la pesquería muestra tres de estrategias de pesca; una dominada por la bacaladilla (*Micromesistius poutassou*), otra dominada por la merluza (*Merluccius merluccius*) y una tercera caracterizada por la gamba roja (*Aristeus antennatus*). Se identifican dos grupos de actividad basándose en la composición específica de los desembarcos; uno constituido por pescas esporádicas de gamba roja y otro en que la gamba roja es claramente la especie objetivo de las pescas, existiendo grandes diferencias entre los grupos en las CPUEs nominales de gamba roja.
- 6) A lo largo del periodo de muestreo, y dentro de cada zona, la similaridad entre los consolidados anuales de las distribuciones de talla es alta, lo que sugiere una estabilidad del patrón de explotación y de la estructura de la población explotada a lo largo del tiempo dentro de cada zona. Entre zonas se observan diferencias entre el Canal de Ibiza y el Golfo de Vera.
- 7) Las tallas de las capturas muestran unos rangos de tallas y una talla media diferentes en machos y en hembras, resultando en todos los casos inferiores los valores de los machos, por lo que se evidencia un dimorfismo de tallas para la especie, confirmando las observaciones de otros Autores. Por zonas, las menores tallas medias se encuentran en el Golfo de Alicante y las mayores en el Golfo de Vera, siendo el Canal de Ibiza un intermedio entre ambas zonas; en todos los casos las tallas medias han mostrado diferencias significativas entre las zonas.

- 8) El crecimiento relativo de *A. antennatus* muestra una alometría negativa significativa a lo largo de su desarrollo, resultando más robustos los ejemplares de mayor talla que los pequeños y las hembras que los machos. Este crecimiento es diferente en machos y en hembras, mostrando diferencias significativas entre las zonas de estudio: Sin embargo se mantiene estable, para cada sexo y zona, a lo largo de los años, mostrando una variabilidad mensual debida a la incidencia del desarrollo gonadal durante la época reproductora. El proceso de mudas está presente a lo largo de todo el año, realizándose con una sincronía bimensual para ambos sexos.
- 9) El crecimiento absoluto muestra unas tasas mayores en las hembras que en los machos, observándose diferencias entre zonas en ambos sexos. El hecho de existir diferencias significativas en los crecimientos y tallas medias de *A. antennatus* entre las tres zonas de estudio, sugiere la conveniencia de utilizar, en la aplicación de Modelos de Análisis de la Población Virtual, los parámetros obtenidos para cada zona como si de poblaciones independientes se tratase.
- 10) El ciclo reproductivo de *A. antennatus* muestra diferencias entre los sexos, manteniendo diferentes porcentajes de maduración a lo largo del año, encontrándose machos maduros a lo largo de todo el año. Con respecto a la época de reproducción, tanto los porcentajes de madurez, de fecundación y de actividad-puesta de las hembras, definen claramente la época de puesta al final de la primavera y verano, con especial intensidad en los meses de junio a septiembre, de modo similar en las tres zonas estudiadas.



- 11) Las tallas de primera madurez ( $L_{50}$ ) encontradas se sitúan dentro del primer año de vida, siendo de 16.98 mm de Longitud de caparazón en machos y de 21.68 mm de Lc en hembras, y resultando inferiores a las encontradas por otros autores en zonas próximas del Mediterráneo español: Esta disminución de las tallas de primera madurez, se atribuye a la mayor contribución de tallas pequeñas en las zonas estudiadas en la presente Memoria, de las que se han observado en otras zonas próximas.
- 12) El estudio de las series de capturas y esfuerzo aplicado para cada uno de los puertos representativos de las tres zonas de estudio muestra, a grandes rasgos, una evolución similar, siendo de disminución paulatina en los tres puertos estudiados. Por el contrario las CPUEs nominales muestran una ligera tendencia a incrementarse.
- 13) Los coeficientes de abundancia, o CPUEs estandarizadas, de la pesquería del Golfo de Alicante no muestran variaciones significativas entre años, por lo que se consideran estables a lo largo del periodo estudiado. Las variaciones estacionales muestran mayores abundancias relativas en primavera y otoño que en verano e invierno: La disminución significativa de las abundancias en verano es atribuida a características biológicas de la especie objetivo, al coincidir ésta disminución con la época de reproducción de *A. antennatus*.
- 14) Los resultados del Análisis de Cohortes de Talla muestran diferencias entre las zonas, tanto en el número medio de la población como en los valores de las biomásas medias de la misma. Los reclutamientos medios en ambos sexos son importantes numéricamente. Las salidas de biomasa están más o menos equilibradas, mostrando unas tasas de renovación muy elevadas; la relación entre la biomasa media anual y la biomasa virgen muestra valores indicativos de sobreexplotación, especialmente en las hembras del Golfo de Alicante.

- 15) Los resultados del Análisis del Rendimiento por Recluta, muestran que la tendencia general de las zonas es la misma, mostrando una pequeña disminución de los rendimientos frente a posibles incrementos de esfuerzo, mientras que la biomasa reproductora disminuye rápidamente: En general el esquema de explotación responde a los mismos patrones en las distintas zonas. El esfuerzo óptimo se sitúa en torno al 50 % del actual en las tres zonas, lo que indica un esquema de sobreexplotación del recurso.
- 16) Los Análisis de la Población Virtual, muestran que el stock se encuentra totalmente reclutado a la pesquería a partir del año de edad, por lo que la mortalidad pesquera incide especialmente sobre los individuos maduros, no detectándose cambios en el esquema de explotación a lo largo del periodo estudiado. En todos los casos, los valores obtenidos de reclutamiento, tanto en número como en biomasa, y biomاسas totales por clases de edad, fueron mucho mayores en las hembras que en los machos, manteniéndose los reclutamientos muy constantes a lo largo del periodo estudiado.
- 17) Los análisis realizados sobre el conjunto de los individuos, han mostrado unos resultados muy similares a los resultados del análisis de los sexos por separado. La biomasa del recurso es más importante en el Golfo de Vera, doblando a la de las otras zonas; las biomاسas del Golfo de Alicante y del Canal de Ibiza resultan muy similares entre sí.
- 18) El hecho de que el rango batimétrico de distribución de la especie sea mucho más amplio que los rangos de explotación implica que no todo el recurso sea accesible a la explotación, dejando una parte importante de la población, donde las proporciones sexuales están más equilibradas o predominan los machos, en zonas más profundas; esta parte de la población actuaría como un “reservorio” suministrando constantemente individuos a las zonas de explotación.

- 19) En contraste con trabajos anteriores, los resultados de esta Memoria, muestran una sobreexplotación del recurso que no había sido detectada, por lo que, teniendo en cuenta el Principio de Precaución, la pesquería de gamba roja en las zonas estudiadas debería considerar medidas de gestión dirigidas a disminuir la mortalidad por pesca.
- 20) Una opción podría ser que los periodos de Veda “biológica” que se vienen aplicando, se hagan coincidir dentro la época de reproducción de *A. antennatus*, esto es, entre los meses de junio a septiembre, disminuyendo la mortalidad pesquera en los reproductores y facilitando la reproducción de la especie, con lo que se podría favorecer la recuperación de la población a largo plazo.

---

---

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Aldebert, Y. y L. Recasens, 1996.- Comparison of methods for stock assesment of european hake *Merluccius merluccius* in the Gulf of Lions (Northwestern Mediterranean). *Aquat. Living Resour.* 9: 13-22.
- Alvarez, F., R. Goñi, M. García-Rodríguez, M. Sbrana, P. Belcari, C. Viva, B. Reale, P. Sartor, P. Sánchez, M. Demestre, L. Recasens, J. Lleonart, F. Maynou, J.B. Perodou y S. Alderstein.- 2001. *Factors affecting catch rates of north western Mediterranean trawl fleets and derivation of standardised abundance index*. EU (DG XIV) Contract nº 98/053. Final Report. (mimeo).
- Anderson, S.L., W.H. Clark y E.S. Chang, 1985.- Multiple spawning and molt synchrony in a free spawning shrimp (*Sicyona ingentis*: Penaeoidea). *Biol. Bull.* 168: 377-394.
- Arculeo, M.,R. Baíno, A. Abella y S. Riggio.1994.- Distribution and growth of *Aristeus antennatus* in Southern Tyrrhenian Sea. In “Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*” Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Arculeo,M., G.- Payen y S. Riggio. 1994.- Reproductive patterns and gonadal maturation in females of *Aristeus antennatus* from NorthWestern Sicily. In “Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*” Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Arrobas, I. y Ribeiro-Cascalho, A., 1984.- New contribution to the knowledge about biology and fishery of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) of south portuguese coast. ICES C.M. 1984/k:52, 14 pp.
- Arrobas, I. y Ribeiro-Cascalho, A. 1987.- On the biology and fishery of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) in the south Portuguese coast. *Inv. Pesq.*, 51 (suppl. 1), 233-243.
- Arté, P., 1952.- Datos biológicos sobre *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) del “sot de sa gamba” de Blanes (Crustáceos, Macrura, Natantia). *Publ. Inst. Biol. Apl.*, 10 :145-149.
- Baranov, F.I., 1914.- The capture of fish by gillnets. *Mater. Poznaniyu Russ. Rybolovstva*, 3 (6): 56-59.
- Barber, W.E., 1988.- Maximum sustainable yield lives on. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 8: 153-157.
- Bas, C., 1965. Note préliminaire sur la crevette rouge *Aristeus antennatus*. *Proc. Gen. Fish. Coun. Medit.*, 8: 281-285.
- Beberton, R.J.H. y Holt, S.J. 1957.- On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest., Lond.* (2), XIX.

- Becker, R.A., Chambers, J.M. y Wilks, A.R. 1988.- *The new S language. A programming environment for data analysis and graphics*. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books Software, Pacific Grove, California. 702 pp.
- Ben Mariem, S. 1994.- *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* in Tunisian waters. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Biseau, A. 1998.- Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessment. *Aquat. Living Resour.* 11 (3); 119-136.
- Biseau, A. y Gordeaux, E. 1988.- Apport des methodes d'ordination en typologie des flottilles. *J.Cons.Int.Explor.Mer* 44; 286-296.
- Brian, A., 1931. La biologia del fondo a "Scampi" nel Mar Ligure. *Aristaeomorpha*, *Aristeus*, ed altri macruri natanti. *Boll. Mus. Zool. Anat. Comp. R. Univ. Genova*, 11:1-6.
- Bowman, T.E. y L.G. Abele. 1982.- Classification of the recent crustacea. In: *The biology of crustacea*, Vol. 1: Systematics, the fossil record, and biogeography. Ed. L.G. Abele, pp: 1-27. Academic Press. New York.
- Campillo, A. 1994.- Bio-ecology of *Aristeus antennatus* in the French Mediterranean. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Cano, N., 1977.- Resultados de la Campaña "Alborán-76". *Bol. Ins. Espa. Oceanogr.* Vol. IV: 3-50.
- Cano, N., 1978.- Hidrología del Mar de Alborán en Primavera-Verano. *Bol. Ins. Espa. Oceanogr.* N° 248: 51-56.
- Cano, N. y Gil, J., 1984.- Campaña Hidrológica "Alborán-78". *Bol. Ins. Espa. Oceanogr.* Vol. 1 (2): 114-125.
- Cañavate, A., Villanueva, P., Rico, J., Morales, F. Arjonilla, A. y Villalobos, J., 1987.- Campaña Oceanográfica "Golfo de Vera". *Distribución de parámetros físicos CTD*. Instituto Hidrográfico de Cádiz. Sección de Oceanografía, 52 pp.
- Carbonell, A. 1994.- The status of fishery for *Aristeus antennatus* in Majorca Island waters. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Carbonell, A. 1994.- Life cycle of *Aristeus antennatus* on Majorca Island waters. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.

- 
- Carbonell, A. (Coord.) *et al* 1997.- *Discards of the trawl fisheries of the Western Mediterranean*. EU (DG XIV). Contract nº 94/027. Final Report. (mimeo).
- Carbonell, A., Carbonell, M., Demestre, M., M., Grau, A. y Monserrat, S. 1999. The red shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) fishery and biology in the Balearic Islands, Western Mediterranean. *Fishery Research* 44 (1999) 1-13.
- Cárdenas, E., A. Avila de Melo, S. Iglesias y F. Saborido. 1997.- Selectivity of 130 mm mesh size in deep sea bottom trawl fishery in NAFO regulatory area. *NAFO Sci. Coun. Studies*, 30:21-25.
- Cartes, J.E. 1991.- *Análisis de las comunidades y estructura trófica de los crustáceos decápodos batiales del Mar Catalán*. Ph.D. thesis, University of Barcelona, 627 pp.
- Cartes J.E. 1994.- Influence of depth and seasons on the diet of the deep aristeid *Aristeus antennatus*, along the continental slope (400-2300) in the Catalan Sea (western Mediterranean). *Mar. Biol.*, 120, 639-48.
- Cartes, J.E. y Sardá, F. 1989. - Feeding ecology of the deep –water deep aristeid crustacean *Aristeus antennatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 54, 229-238
- Cartes, J.E. y Sardá, F. 1992.- Abundance and diversity of decapod crustaceans in the deep Catalan Sea (western Mediterranean). *J. Nat. Hist.*, 26, 1305-1323.
- Cartes, J.E. y Sardá, F. 1993.- Zonation of deep-sea decapod fauna in the Catalan Sea (western Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 94, 27-34.
- Chambers, J.M. y Hastie, T.J. (eds.), 1992.- *Statistical models*. Chapman & Hall, New York. 608 pp.
- Cirugeda Delgado, M.E. y J.M. García Mamolar, 1976.- Aplicación de los modelos de producción de Schaefer y Fox a tres pesquerías del Mediterráneo español. *Bol. Inst. Espa. Ocean.* 217: 26 pp.
- Darby, C.D. y S. Flatman, 1994.- Virtual Population Analysis: Versión 3.2 (Windos/DOS) User guide. *Info Tech. Ser.*, MAFF Direct Fish. Res. Lowestoft, (1): 85 pp.
- Demestre, M. 1993.- A study of the *Aristeus antennatus* fishery along the Catalan coast (western Mediterranean). *BIOS. Scien. Ann. of the Sch. of Biol.* Vol. 1, Nº 1.
- Demestre, M. 1994.- Biology and demography of *Aristeus antennatus* in the Catalan Sea (NW Mediterranean). In “Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*” Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication Nº 3.
- Demestre, M. 1994.- Fishery and population dynamics of *Aristeus antennatus* on the Catalan coast (NW Mediterranean). In “Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*” Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication Nº 3.

- 
- Demestre, M. y Carbonell, A. 1994.- Growth of the shrimp *Aristeus antennatus*. In: *Etude pour l'aménagement et la gestion des peches en Mediterranee occidentale*. Rapport final. CEE FAR, 474 pp. (mimeo).
- Demestre, M., Carbonell, A. y Martínez-Baños, P. 1994.- Analysis of the exploited population of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) in three adjacent zones in the Spanish Mediterranean. In: *Etude pour l'aménagement et la gestion des peches en Mediterranee occidentale*. Rapport final. CEE FAR, 474 pp. (mimeo).
- Demestre, M. y Fortuño, J.M. 1992. Reproduction of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus* (Decapoda: Dendrobranchiata). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 84: 41-51.
- Demestre, M. y Lleonart, J. 1993. Population dynamics of *Aristeus antennatus* (Decapoda: Dendrobranchiata) in the northwestern Mediterranean. *Sci. Mar.* , 57(2-3):pp 183-189.
- Demestre, M. y Martin, P. 1993. Optimum exploitation of a demersal resource in the western Mediterranean: the fishery of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). *Sci. Mar.* , 57(2-3): pp 175-182.
- Díaz del Río, V., 1981.- Estudio geofísico de la plataforma continental murciano-alicantina entre las localidades de Torrevieja y Cabo de Palos. *IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica*. Vol. III: 1293-1299.
- Díaz del Río, V., 1991.- El margen Continental Bético-Mediterráneo. Extremo Bético oriental: Cuenca de Murcia-Escarpe de Mazarrón. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.* Nº 6: 237 pp.
- Díaz del Río, V., Rey, J. y Vegas, R., 1986.- The Gulf of Valencia continental shelf: Extensional tectonics in Neogene and Cuaternary sediments. *Mar. Geol.* 73: 169-179.
- Djabali, F., Mehailia, A., Koudil, M. y Brahmi, B. 1994.- A reassessment of equations for predicting natural mortality in Mediterranean teleosts. *Naga, ICLARM Q.* January, 33-34.
- D'Onghia, G., A. Matarrese, A. Tursi y P. Maiorano. 1994.- Biology of *Aristeus antennatus* and *Aristaeomorpha foliacea* in the Ionian Sea (Central Mediterranean Sea). In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication Nº 3.
- Dos Santos, A- M. y A. Ribeiro Cascalho. 1994.- Present state of knowledge on *Aristeus antennatus* in the South of Portugal. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication Nº 3.
- Filhol, H. 1885.- *La vie au fond des mers*. G. Masson Editeur, Paris.

- 
- Font, J., García-Ladona, E., y G. Gorriz, E., 1995.- The seasonality of mesoscale motion in the Northern Current of the Western Mediterranean: several years of evidence. *Oceanologica Acta*. Vol. 18 (2): 207-219.
- Fox, W.W., 1970.- An exponential surplus yield model for optimising exploited fish populations. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 99 (1): 80-88.
- Fox, W.W., 1974.- An overview of Production Modelling. WTPD, Nantes, 74, 23.
- Fry, F.E.J., 1949.- Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics*, 5: 27-67.
- Fry, F.E.J., 1957.- Assesment on mortality by use of virtuals populations. *Proc. Jt. Scient. Meet. ICNAF/ICES/FAO*, Contr. P 15 (mimeo).
- García, S., 1977.- Evaluation des mortalités chez la crevette rose *Penaeus duoradum notialis* en Côte d'ivoire: analyse des variations saisonaires de capturabilité. *Cah. ORSTOM Ser. Oceanogr.*, 15 (3): 251-260.
- García, S. y L. Le Reste, 1986.- Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. *FAO, Doc. Tec. Pesca*, (203): 180 pp.
- García Ladona, E., Tintoré, JU., Pinot, J.M., Font, J. y Manriquez, M., 1994.- Surface circulation and dynamics of the Balearic sea. In: *The Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean*. P.E. La Violette Ed., American geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies. 46: 73-91.
- García-Rodríguez, M. y A. Esteban, 1999.- A comparison of the exploitation level of two populations of rose shrimp (*Aristeus antennatus* Risso, 1816) from two close areas in the Spanish Mediterranean. In: *The biodiversity crisis and Crustaceans*. Vol.2. Schram & Vaupel Eds. A.A.Balkema. Rotterdam.721-732.
- García-Rodríguez, M. y A. Esteban, 1999. On the biology and fishery of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816), (Decapoda, Dendrobranchiata) in the Ibiza Channel (Balearic Islands, Spain). *Scientia Marina.*, 63 (1): 27-37.
- García-Rodríguez, M. y A. Esteban y J.L. Pérez-Gil., 2000.- Considerations on the biology of *Plesionika Edwardsi* (Brandt, 1851) (Decapoda, Caridea, Pandalidae) from experimental trap catches in the Spanish Western Mediterranean Sea. *Scientia Marina* (64) 4.:369-379.
- García-Rodríguez, M. y A. Esteban, 2001.- Length composition, growth and reproduction of an red shrimp *Aristeus antennatus*, (Risso 1818) (Decapoda, Dendrobranchiata) population in the Alicante Gulf (S.E. Spain). *Rapp. Comm. inter.Mer Medit.* 36.
- García-Rodríguez, M., 2003.- Characterization and standardization of a red shrimp (*Aristeus antennatus*, Risso, 1816) fishery off the Alicante Gulf (S.E. Spain). *Scientia Marina* (67) 1.



- 
- Galvaris, S. 1980.- Assessment of the cod stock in NAFO Divisions 2J+3K. *NAFO*, SCR Doc. 80/VI/S 1, No. NI 35. 5pp.
- Galvaris, S. 1980.- Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 2272-2275.
- Gayanilo jr, F.C., Sparre, P. y Pauly, D. 1994. *The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide*. FAO Computerized Information Series (Fisheries) nº 6. Rome, FAO, 186 pp.
- Ghidalia, W. y F. Bourgois, 1961.- Influence of temperature and lighth on the distribution of srhimps in medium and great depths. *Stud. Gen. Fish. Coun. Medit.* , 16: 1-49.
- Gil, J., 1992.- Hidrografía de la Plataforma continental Mediterránea española y Golfo de León (Octubre-Noviembre 1990).. *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanog.* 133: 37 pp.
- Giese, A.C., 1958.- Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *Ann. Rev. Physiol.*, 21: 547-576.
- Goodall, D.W., 1978.- Sample similarity and species correlation. En: *Ordination of plant communities*. Ed. Whittaker, H. Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hage: 99-149.
- Goñi, R., Alvarez, F. y Alderstein, S. 2000.- Application of generalised linear modelling to catch rate analysis of Western Mediterranean fisheries: the Castellón trawl fleet as a case of study. *Fisheries Research*, 42, 291-302.
- Gray, J.R., 1974.- The distribution of sediments properties and shrimp catch on two shrimping ground on the continental shelf of Mexico. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 23: 39-48.
- Greco, S., F. Perdichizzi, B. Spalletta, D. Capecchi y D. Giordano. 1994.- *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* in the SouthEastern Tyrrhenian Sea. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication Nº 3.
- Gulland, J.A. 1956.- On the fishing effort in English Demersal Fisheries. *Fisheries Investigations*, London Series. Vol. 2. No. 20: 1-41.
- Heldt, J. H., 1955. Contribution a l'étude de la biologie des Peneides. *Bull. Stat. Océan. Salambô*, nº 47, 1954.
- Hilborn, R. y Walters, C.J. 1992.- *Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall, London. 570 pp.
- Hoey, J., Mejuto, J., Porter, J.M., Stone, H.H. y Uozumi, Y. 1996.- An updated biomass index of abundance for North Atlantic Swordfish. ICCAT, S CRS/96/144. 9pp.

- 
- Holtius, L.B., 1980.- FAO species catalogue. Vol. 1. *Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries*. FAO Fish. Synop. (125) Vol. 1: 261 pp.
- Holtius, L.B., 1987.- Crevettes. In: *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Mediterranee et mer Noire. Zone de pêche 37*. Vol. 1. Vegetaux et invertébrés. Eds. W. Fischer, M-L. Bauchot et M. Scheider. Pp: 189-319.
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1982.- *Mapa geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes; Almería-Garrucha*. ITGME hojas 84-85, Madrid
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1990.- *Mapa geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes; Murcia*. ITGME hojas 79-79E, Madrid
- Instituto Tecnológico Geominero de España, 1994.- *Mapa geológico de la plataforma continental española y zonas adyacentes; Elche-Alicante*. ITGME hojas 72-73, Madrid.
- Jones, R., 1983.- The use of length composition data in fish stock assessment (with notes on VPA cohort analysis). *FAO Fish. Circ.*, 734, 60 pp.
- Kimura, D.K. 1981.- Standardized measures of relative abundance based on modelling log(CPUE), and their application to Pacific Ocean perch (*Sebastes alutus*). *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, 39: 211-218.
- Kimura, D.K. y Zenger, H.H. 1997.- Standardizing sable fish longline, survey abundance indices by modelling the log-ratio of paired comparative fishing CPUE's. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 48-59.
- Klima, E.F., 1974.- A white shrimp mark-recapture study. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1: 107-113.
- Klug, W. S. Y Cummings, M. R. 1997.- *Concepts of genetics*. 5<sup>th</sup> edition. Prentice Hall, Inc. Simon and Schuster International Group.
- Lagardere, J.P., 1972.- Recherches sur l'alimentation des crevettes de la pente continentale marroccaine. *Tethys*, 3 (3): 655-675.
- Large, P.A. 1992.- Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. *ICES J. Mar. Sci.*, 49: 253-261.
- Larkin, P.A., 1977.- An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 106: 1-11.
- Laurec, A. y Shepherd, J.G. 1983.- On the analysis of catch and effort data. *J.Cons. Explor. Mer* 41; 81.84.

- 
- Laurec, A., Biseau, A, y Charuau, A. 1989.- Modelisation des interactions techniques. ICES MSM Symp. A:3.
- Le Reste, L., 1978.- *Biologie d'une population de crevettes, Penaeus indicus H. Milne Edwards, sur la côte nordouest de Madagascar*. Trav. Doc. ORSTOM, París (99): 291 pp.
- Levinton, J.S. 1982.- *Marine Ecology*. Prentice-Hall Inc.. New Jersey.526 pp.
- Lleonart, J. (Coord.), 1990.- *La pesquería de Cataluña y Valencia: descripción global y planteamiento de las bases para su seguimiento*. U.E. (D.G. XIV) Final draft (mimeo).
- Lleonart, J. y Salat, J. 1992.- VIT Programa de análisis de Pesquerías. *Inf. Téc. Sci. Mar.*, 168-169.
- López-Jurado, J.L., García Lafuente, J., Pinot, J.M. y Alvarez, A., 1996.- Water exchanges in the Balearic channels. *Bull. L'Inst. ocnograph. Monaco*. N° 17: 41-63.
- Lucas, C., 1974.- Preliminary estimates of stocks of king prawn, *Penaeus plebejus*, in south eastern Queensland. *Aus. J. Mar. Fresw. Res.*, 25, 25; 35-47.
- Martinez Baños, P. 1994.- Fishery and population dynamics of *Aristeus antennatus* in the region of Murcia (SE Spain). In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Martinez-Baños, P. 1997.- *Dinámica de poblaciones de la gamba Aristeus antennatus (Crustacea, Decapoda) en las zonas de Murcia, Almería e Ibiza. Análisis global en el Mediterráneo Español*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Martinez-Baños, P. y Más, J. 1987. Principales caladeros, evolución e importancia económica de la Gamba Rosada (*Aristeus antennatus*, Risso, 1816) en la Región de Murcia (S.E. de España).F:A.O. Fish Rep. 395 pp 84-86.
- Martinez Baños, P. y J. Mas. 1994.- Life cycle of *Aristeus antennatus* in SouthEastern Spain. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Martinez-Baños, P. Vizquete, F. y Más, J. 1990. Contribution to the knowledge of the accompanying fauna of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) on the bathyal bottoms in the S.E. of Spain. En *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*32, 1.
- Martinez-Baños, P., Vizquete, F. y Más, J. 1990.- Aspectos biológicos de la Gamba Roja (*Aristeus antennatus* (Risso, 1816) a partir de las pesquerías del S. E. de la Peninsula Ibérica. Actas VIº Simp. Ibér. Est. Bentos Marino, 235-243.

- 
- 
- Martinez-Baños, P.; Vizquete, F. y Más, J. 1992. Study about the reproduction of the crustacean of fishing interest *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) in the Region of Murcia (S. E. of Spain). En *Prem. Conf. Europ. sur les Crust.* pp 9.
- Massuti, E., Reñones, O., Carbonell, A y Oliver, P. 1996.- Demersal fish communities exploited on the continental shelf and slope off Majorca (Balearic islands, NW Mediterranean) *Vie et Milieu* 46 (1); 45-55.
- Massutí, M., 1961. Premières observations bionomiques et biologiques sur la crevette rose (*Aristeus antennatus* Risso) aux fonds des Iles Baleares. *Rapp. Proc. Verb. CIEM*, 16(2): 551-557.
- Massutí, M., 1963. La pêche des Crustacés aux Baleares (Méditerranée Occidentale) et dans l'Atlantique and sud de l'Espagne (Golfe de Cadix). *Proc. Gen. Fish. Coun. Medit.*, 7: 191-202.
- Massuti, M. y Daroca, E. 1978.- Introducción al estudio de la biología de la gamba roja (*Aristeus antennatus*) de las pesquerías del sur de Mallorca. *Trab. Comp. Dep. Pesca Inst. Esp. Oceanogr.*, 264-277.
- Massuti, M., C. Masso, P. Oliver y A. Fernández, 1975.- Prospecciones pesqueras en el Sureste español. *Trab. Inst. Espa. Ocean.*, 40, 103 pp.
- Matarrese, A, G. D'Onghia, A. Tursi A. y M. Panza. 1994.- Experimental catches of *Aristeus antennatus* and *Aristaeomorpha foliacea* in the Ionian Sea (Central Mediterranean Sea). In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Maurin, C.L., 1965.- Repartition des crevettes profondes au large des côtes de Sardagne et Corse. *Rapp. Proc. Verb. Reun.* 18(2): 175-178.
- McCullagh, P. y Nelder, J.A. 1989.- *Generalized Linear Models* (2nd ed.). Chapman & Hall, London. 509 pp.
- Mejuto, J. y García. B. 1996.- Standardized age specific catch rates for albacore *Thunnus alalunga* from the Spanish surface fleets in the Northeast Atlantic. 1981-1995. ICCAT, SCRS/96/081. 12pp.
- Merella, P., Alemany, F., Carbonell, A., y Quetglas, A. 1998. Fishery and biology of Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Decapoda:Nephropidae) in Majorca (western Mediterranean). *Journal of Natural History*, 32, 1463-1474.
- Millot, C., 1987.- Circulation in the Western Mediterranean sea. *Oceanologica Acta*. Vol. 10 (2):143-149.
- Munro, J. L. y D. Pauly, 1983.- A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 1: 5-6.

- 
- Nelder, J.A. 1961.- The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics*, 1961: 89-110.
- Mesnil, B. 1989.- Computer programs for fish stock assessment. ANACO: Software for the análisis of catch data by age group on IBM PC computers. FAO fish.Tech. Pap., 101 (Suppl. 3): 73 pp.
- Oliver, M. 1953. Bionomía de los fondos de 300 a 600 metros en el sur y suroeste de Majorca. *Bol. Inst. Español de Oceanografía*. Núm. 63.
- Oliver, M., 1959.- Les pêches d'Aristeus et d'Aristeomorpha et la carte de pêche des Baleares. *Proc. Gen. Fish. Coun. Medit.*, 5: 247-249.
- Oliver, M., 1961.- Rapport au sujet de la carte de pêche des Baleares et de la zona dU Cap de Creus. *Proc. Gen. Fish. Coun. Medit.* 6: 171.173.
- Orsi Relini, L y G. Relini. 1994.- Biological characteristics of *Aristeus antennatus* as highlighted by long-term observations in the Ligurian Sea. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Orsi Relini, L. y M. Semeria 1983. - Oogenesis and fecundity in bathial penaeid prawns, *Aristeus antennatus* and *Aristaeomorpha foliacea*. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28, 3.
- Pauly, D. 1980.- On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 39, 175-192.
- Pauly, D y J.L. Munro, 1984.- Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2 (1): 21.
- Pella, J.J. y P.K.Tomlinson, 1969.- A generalised stock production model. *Bull. I-ATTC*, 13 (3): 419-496.
- Pereiro, J.A. y A. Fernández, 1974.- Aplicación de los modelos de producción de Schaefer y Fox a las pesquerías de *Palinurus*, *Aristeus*, *Mullus*, *Pagelus* y *Solea* de la plataforma balear. *Bol. Ins. Espa. Ocean.*, 181: 27 pp.
- Peres, J.M., 1989.- Historia de la biota mediterránea y la colonización de las profundidades. En: *El Mediterráneo occidental*. Ed. R. Margalef, pp. 200-234. Omega. Barcelona.
- Pérez-Farfante, I. y Brian Kensley. 1997.- Penaeoid and Sergestoid shrimps and prawns of the world: Key and diagnosis for the Families and Genera. *Mem. Mus. d'Hist. Natur. Paris* 175.

- Pipitone, C. y F. Andaloro. 1994.- First observations of *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* along the Eastern Sicily coast. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Pope, J. G., 1972.- An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis using Cohort Analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, 9; 65-74.
- Pope, J.G., 1977.- Estimation of fishing mortality, its precision and implications for the management of fisheries. En *Fisheries mathematics*, pp 63-76. Ed. J.H. Steele. Academic press, London-New York. 198 pp.
- Pope, J.G., 1979.- Population dynamics and management: current status and future trends. *Inv. Pesq.*, 43: 199-221.
- Pope, J.G. y J.G. Shepherd, 1982.- A simple method for the consistent interpretation of catch-at-age data. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 40: 176-184.
- Pope, J.G. y J.G. Shepherd, 1985.- A comparison of the performance of various methods for tuning VPA's using effort data. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 42: 129-151.
- Pope, J.G., A.R. Margetts, J.M. Hamley y E.F. Akyüz, 1983.- Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Parte 3. Selectividad del arte de pesca. *FAO Doc. Tec. Pesca*. (41) Rev. 1: 56 pp.
- Pope, J. y Shepherd, J.G. 1985.- A comparison of the performance of various methods for tuning VPAs using effort data. *J.Cons. Explor. Mer.* 42; 129-151.
- Prager, M.H., 1994.- A suite of extensions to a nonequilibrium surplus-production model. *Fishery Bulletin*, 92: 374-389.
- Press, W.H., B.P. Flannery, S.A. Teukolsky y W.T. Vetterling, 1988.- *Numerical Recipes*. Cambridge University Press, 818 pp.
- Ragonese, S., M.L. Bianchini, L. Di Stefano, S. Campagnuolo y F. Bertolino. 1994.- *Aristeus antennatus* in the Sicilian Channel. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Relini, G. y L. Orsi Relini, 1987.- The decline of red shrimps stocks in the Gulf of Genoa. *Inv. Pesq.*, 51 (Suppl.1): 245-260.
- Relini Orsi, L. 1980.- Aspetti riproduttivi in *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) (Decapoda, Pennaeidae) Mem. Biol. Marina e Oceanogr., Suppl. X, 285-289.
- Relini Orsi, L. y Relini, G. 1979.- Pesca e riproduzione del gambero rosso *Aristeus antennatus* nel Mar Ligure. *Quad. Civ. Staz. Idrobiol., Milano*. 7.

- 
- Relini Orsi, L. y M. Wurtz, 1977.- Aspecti della rete trofica batiale riguardanti *Aristeus antennatus* (Risso, 1816)(Crustacea, Penaeidea). *Atti IX Congr. Soc. Ital. Biol. Mar.* Ischia, 389-398.
- Relini, M., P. Maiorano, G.D'Ongia, L. Orsi Relini, A. Tursi y M. Panza, 2000.- A pilot experiment of tagging the red shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). *Scientia Marina*, 64 (3): 357-361.
- Rey, J. y Díaz del Río, V., 1983.- La plataforma continental mediterránea entra cabo de Palos y cabo Tiñoso. Morfología y estudios sísmicos de la cobertura sedimentaria. *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.* N° 11: 26 pp.
- Rey, J. y Díaz del Río, V., 1984.- Algunos aspectos morfoestructurales del Cuaternario submarino en la Plataforma Continental del Mediterráneo español. *Thalassas*, Vol 2: 23-29.
- Ribeiro Cascalho A, y A. M. dos Santos. 1994.- Status of the *Aristeus antennatus* fishery in the South of Portugal. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Ricker, W.E., 1975.- Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 191: 382 pp.
- Rikhter, V.A. y V.N. Efanov, 1976.- On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Res. Doc.*, 76/VI/8: 12 pp.
- Righini, P. y A Abella. 1994.- Life cycle of *Aristeus antennatus* and *Aristeomorpha foliacea* in the Northern Tyrrhenian Sea. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonesse Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Robson, D.S. 1966.- Estimation of relative fishing power of individual ships. *ICNAF Research Bulletin Number 3*: 5-14.
- Rodríguez, J., 1982.- *Oceanografía del Mar Mediterráneo*. Edit. Pirámide. 174 pp.
- Saila, S.B., Recksiek, C.w. y Prager, M.H.1988.- *Basic Fishery Science Programs. A compendium of microcomputer programs and manual of operation*. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 18 Elsevier.Amsterdam.
- Sanz, A. - 1986. Observaciones sobre la biología de *Plesionika heterocarpus* (Costa, 1871) (Crustacea: Decapoda: Pandalidae) en el Mediterráneo Oeste. *Actas VII Jorn. Asoc. Españ. Entomología*. Sevilla. pp: 175-179.
- Sardá, F. y Cartes, J.E. 1993.- Relationships between size and depth in decapod crustacean populations on the deep slope in the Western Mediterranean. *Deep-Sea Research*. 40 (1): 2389-2400.

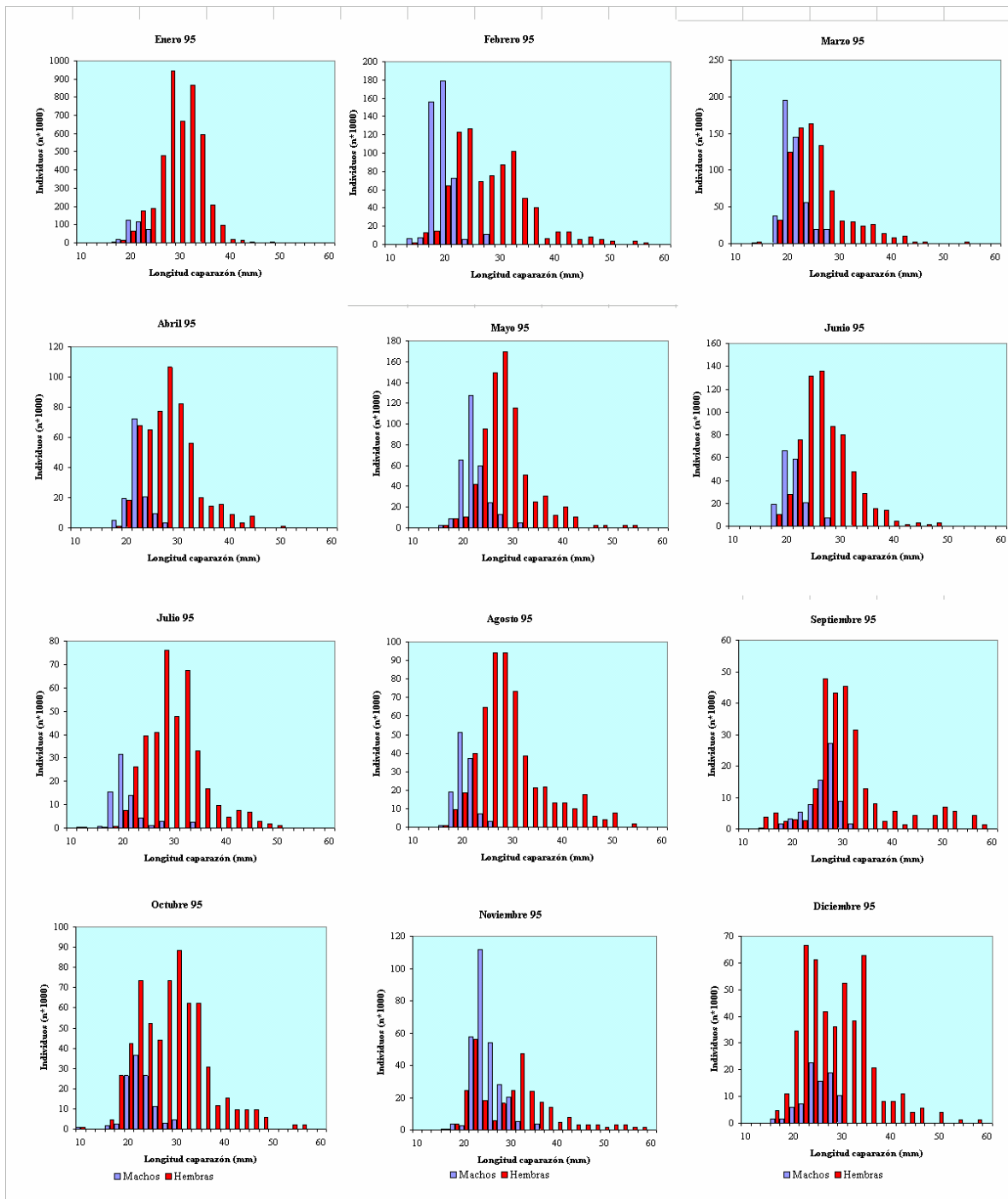
- 
- Sardá, F. y Cartes, J.E. 1994.- Distribution, abundance and selected biological aspects of *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) (Decapoda, Aristeidae) in the deep water habits in the western Mediterranean. *Bios* (Thessaloniki), 1 (1), 59-73.
- Sardá, F. y J.E. Cartes. 1994.- Life cycle of *Aristeus antennatus* in the Catalan Sea. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Sardá, F. y J.E. Cartes. 1994.- Status of the qualitative aspects in *Aristeus antennatus* fisheries in NorthWestern Mediterranean. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Sardá, F., J.E. Cartes y W. Norbis. 1994. Spatio-temporal structure of the deep-water shrimp *Aristeus antennatus* Risso, 1816 (Decapoda: Aristeidae) population in the Western Mediterranean. *Fishery Bulletin NOAA*, 92 (3): 599-607.
- Sardá, F. y Cartes, J.E. 1997.- Morphological features and ecological aspects of early juvenile specimens of the aresteid shrimp gamba *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). *Mar. Freshwater Res.*, 48, 73-77.
- Sardá, F. y Demestre, M. 1987.- Estudio biológico de la gamba *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) en el Mar Catalán (N.E. de España). *Inv. Pesq.*, 51 (Suppl. 1) pp 213-232.
- Sardá, F. y Demestre, M. 1989.- Shortening of the rostrum and rostral variability in *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). *J. Crust. Biol.*, 9(4): 570-577.
- Sardá, F. y F. Maynou, 1998.- Assessing perceptions: Do catalan fisherman catch more shrimp on fridays?. *Fisheries Research* 36: 149-157.
- Sardá, F., F. Maynou y Ll. Talló, 1998.- Seasonal and spatial mobility patterns of rose shrimp (*Aristeus antennatus* Risso, 1816) in the Western Mediterranean: results of a long-term study. *Marine Ecology Progress Series*, 159: 133-141.
- Sardá, F., C. Bas, M.I. Roldán, C. Pla y J. Lleonart, 1998.- Enzymatic and morphometric analyses in mediterranean populations of the rose shrimp *Aristeus antennatus* (Risso, 1816). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 221: 131-144.
- Sardá *et al.*, 2001.- *Analysis of the Mediterranean deep sea shrimps fishery: Evolution, catches, efforts and economics*. U.E.(D.G) XIV (Contract n° 97/0018), Final Draft (mimeo).
- Schaefer, M.B., 1954.- Some aspects of the dynamics of of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. I-ATTC*, 1 (2): 25-56.
- Sene, F. M., Carson, H. L. 1977. Genetic variation in Hawaiian *Drosophila*. IV. Allozymic similarity between *D. silvestris* and *D. heteroneura* from the island of Hawaii. *Genetics*, 86(1): 187-198.



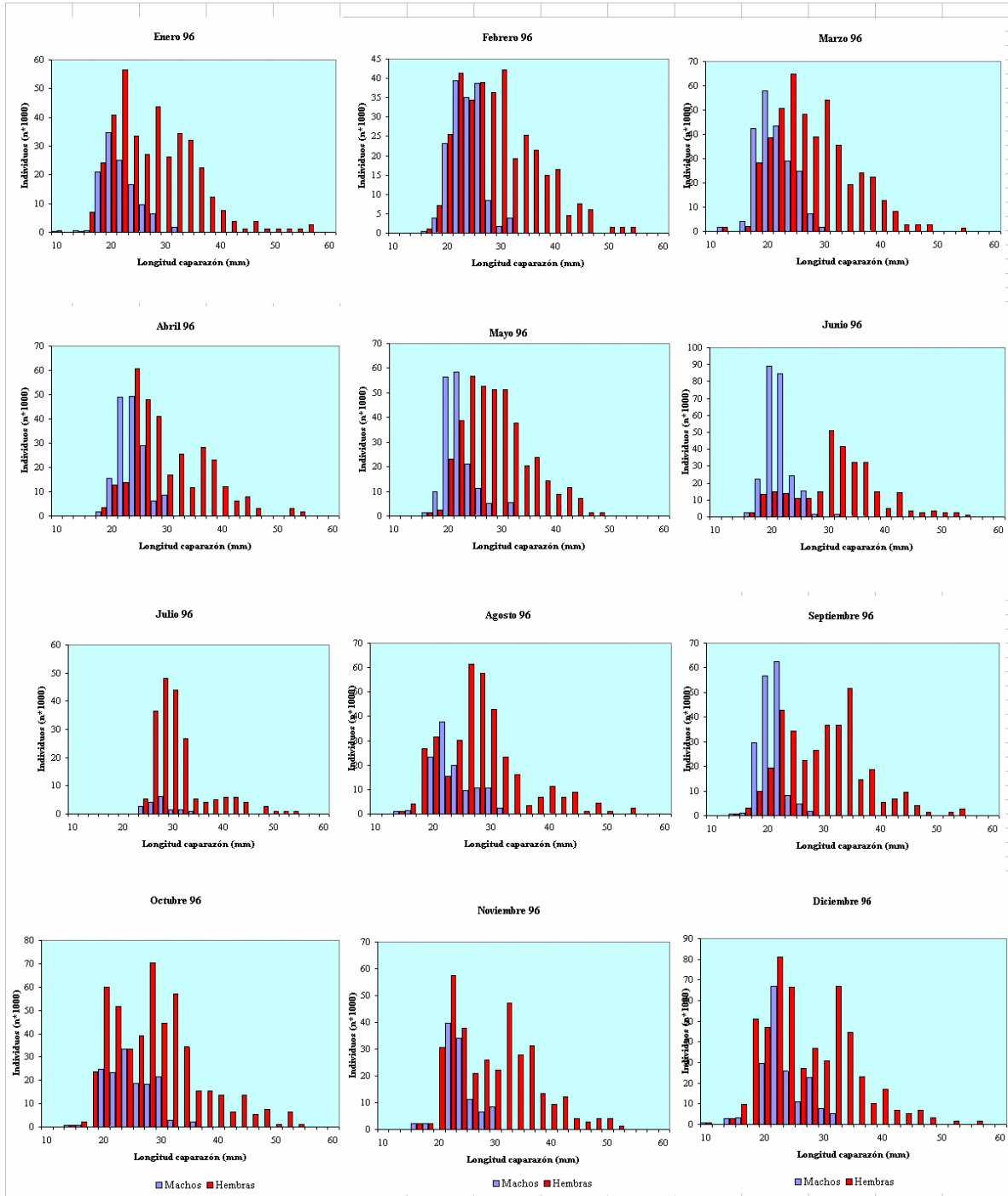
- 
- Shepherd, J.G., 1983.- Two measures of overall fishing mortality. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 41 : 76-80.
- Shepherd, J.G., 1992.- Extended survivors' analysis: an improved method for the analysis of catch-at-age data and catch-per-unit-effort data. Working paper N° 11. *ICES Multispecies Assesment Working Group*. June 1992, Copenhagen, Denmak. 22 pp. (mimeo).
- Sissenwine, M.P., 1978.- Is MSY an adequate foundation for optimum yield? *Fisheries*, 3 (6): 22-42.
- Sobrino, I., 1998.- *Biología y pesca de la gamba blanca (Parapenaeus longirrostris Lucas 1846) en el Atlántico nororiental*. Tesis Doctoral. Univ. Sevilla: 218 pp
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. 1969.- *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, U.S.A.
- Somers, I.F., 1987.- Sediment type as a factor in the didtribution of commercial prawn species in the western Gulf of Carpentaria, Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 38: 133-149.
- Somers, I.F., Crocos, P.J. y B.J. Hill, 1987.- Distribution and abundance of tiger prawns *Penaeus esculentus* y *P. semisulcatus* in the north-western Gul of Carpentaria, Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 38: 63-78.
- Sparre, P., E. Ursin y S.C. Venema, 1989.- Introduction to tropical fish assessment. Part 1. *FAO fish. Tech. Pap.*, 306 (1):, 377 pp.
- Stéfansson, G. 1996.- Analysis of groundfish survey abundance data: combining the GLM and delta approaches. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 577-588.
- Tanaka, S., 1960.- Studies on the dynamics and management of fish populations. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.*, (28): 200 pp.
- Taylor, C., 1958.- Natural mortality rate of Georges Bank haddock. *U.S. Fish. Wild. Ser. Fish. Bull.*, 58: 1-7.
- Thessalou-Legaki, M.1994.- Distribution of *Aristeus antennatus* and *Aristeomorpha foliacea* in the Eastem Mediterranean Sea. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Thompson, W.F y F.H. Bell, 1934.- Biological statistic of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of change in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific halibut) Comm.*, (8): 49 pp.
- Tobar, R. y Sardá, F. 1987.- Análisis de la evolución de las capturas de gamba rosada, *Aristeus antennatus* (Risso,1816), en los últimos decenios en Cataluña. *Inf. Técn. Inv. Pesq.*, 142.

- 
- Tobar, R. y Sardá, F. 1992.- Annual and diel lighth cycle as predictive factor in deep-water fisheries for the prawn *Aristeus antennatus* Risso, 1816. *Fisheries Research*, 15 : 169-179.
- Vaso, A. 1994.- On the present knowledge of *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus* from Albanian waters. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Walter, 1973.- Delay-differential equation models for fisheries. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30: 939-945.
- Ward, J.- 1963. Hierarchical grouping to optimise an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.*, 58: 236-244.
- Yahiaoui, M. 1994.- Distribution and reproduction cycle of *Aristeus antennatus* and *Aristaeomorpha foliacea* in Algeria. In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Yahiaoui, M. 1994.- Growth, mortality and exploitation of *Aristeus antennatus* near Alger and of *Aristaeomorpha foliacea* near Annaba (Algérie). In "Life cycles and fisheries of the deep water red shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*" Bianchi and Ragonese Eds. N.T.R.- I.T.P.P. Special Publication N° 3.
- Yosimoto, S.S. y R.P. Clarke, 1993.- Comparing dynamic versions of the Schaefer and Fox Production Models and their application to lobster fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 181-189.
- Zariquiey Álvarez, R., 1969.- Crustáceos decápodos ibéricos. *Investigación Pesquera*, 32:1-510.
- Zang, C.I., D.R. Gunderson y P.J. Suñivan, 1991.- Using data on biomass and fishing mortality in stock production modelling of flat-fish. *Neth. J. Sea. Res.*, 27: 459-467.

## **ANEXOS**



**Figura A1.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas de Golfo de Alicante y desembarcadas en el puerto de Santa Pola durante el año 1995.**



**Figura A2.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas de Golfo de Alicante y desembarcadas en el puerto de Santa Pola durante el año 1996.**

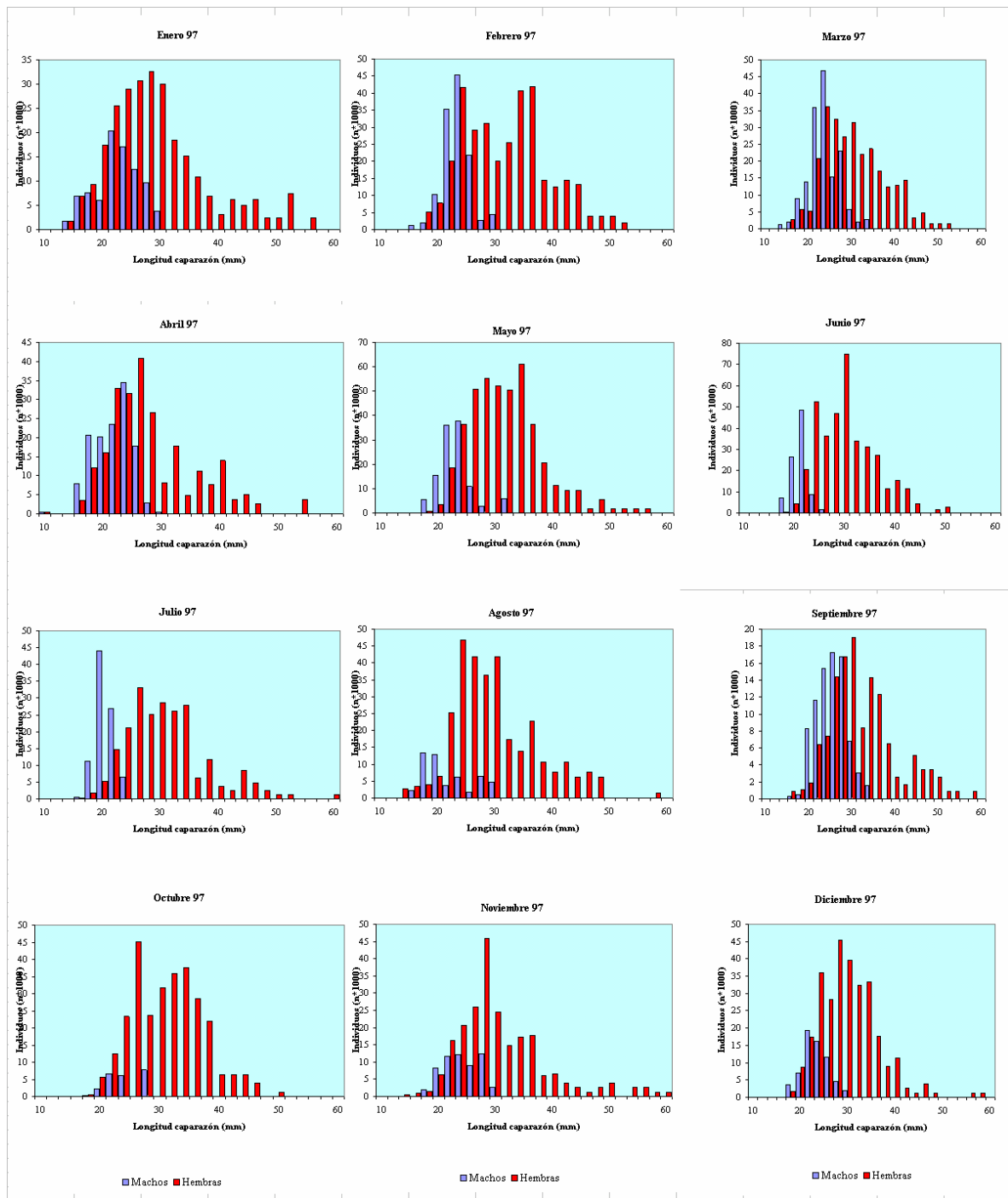


Figura A3.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas de Golfo de Alicante y desembarcadas en el puerto de Santa Pola durante el año 1997.

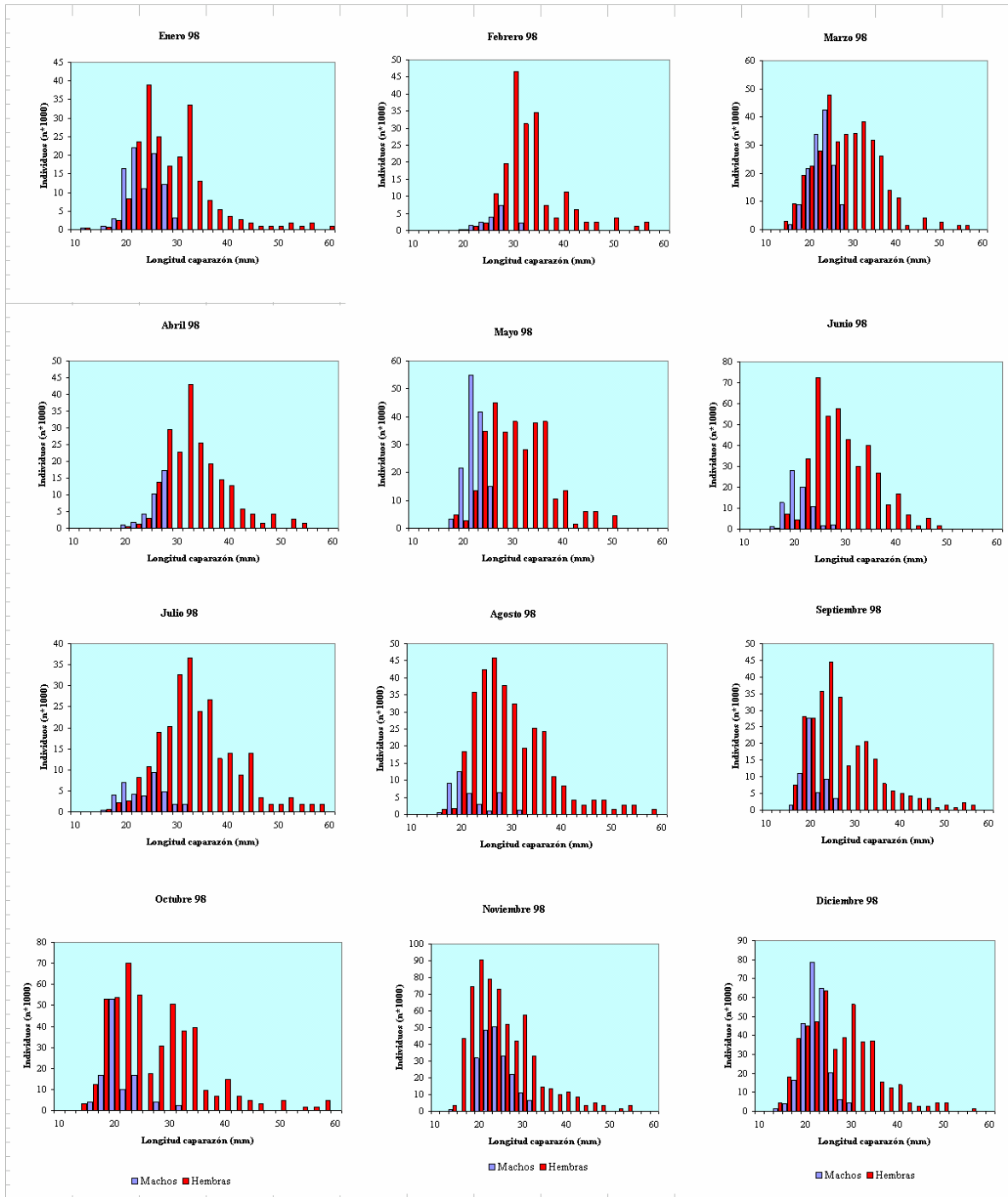


Figura A4.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas de Golfo de Alicante y desembarcadas en el puerto de Santa Pola durante el año 1998.

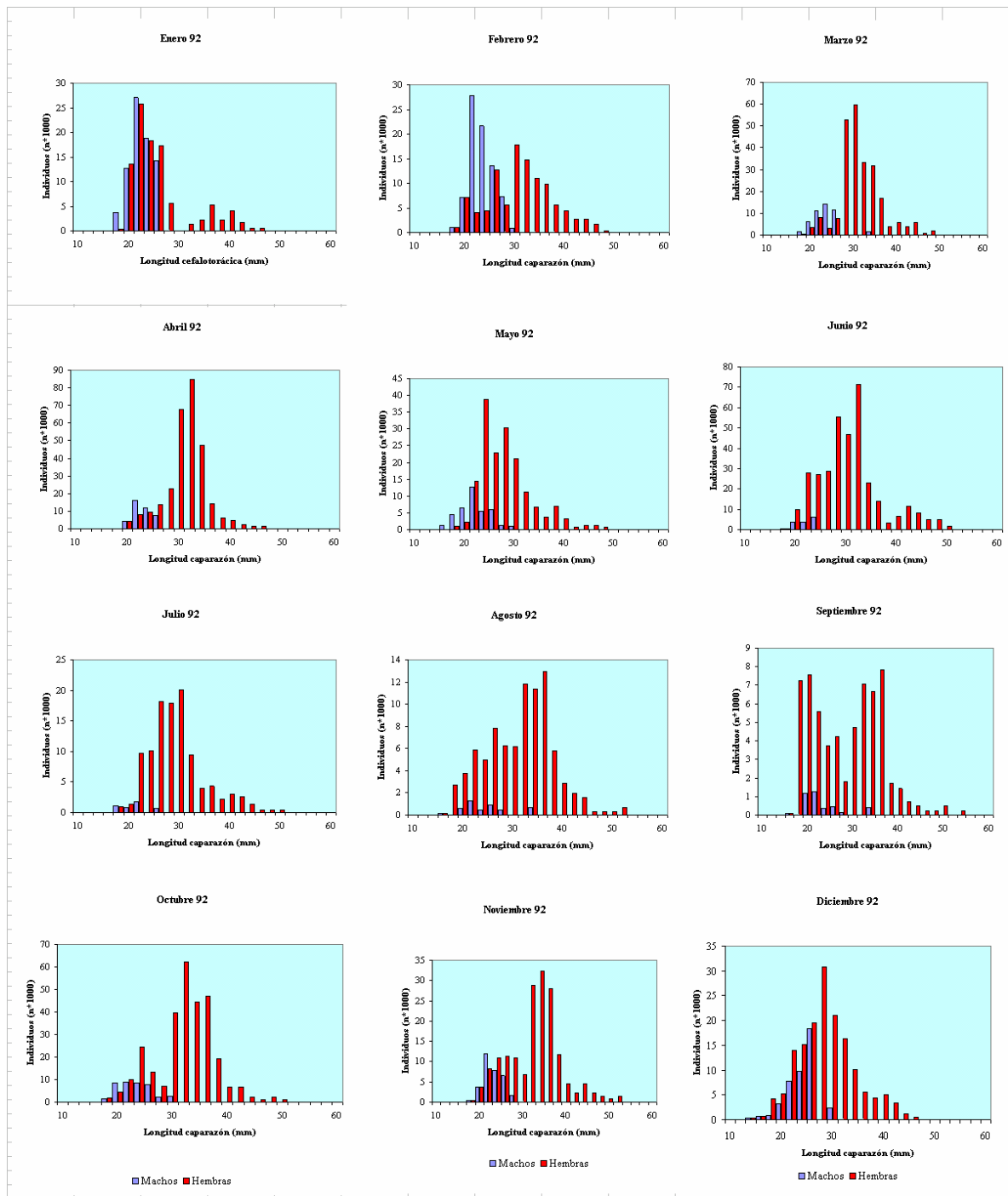


Figura A5.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas del Canal de Ibiza y desembarcadas en el puerto de Santa Pola durante el año 1992.



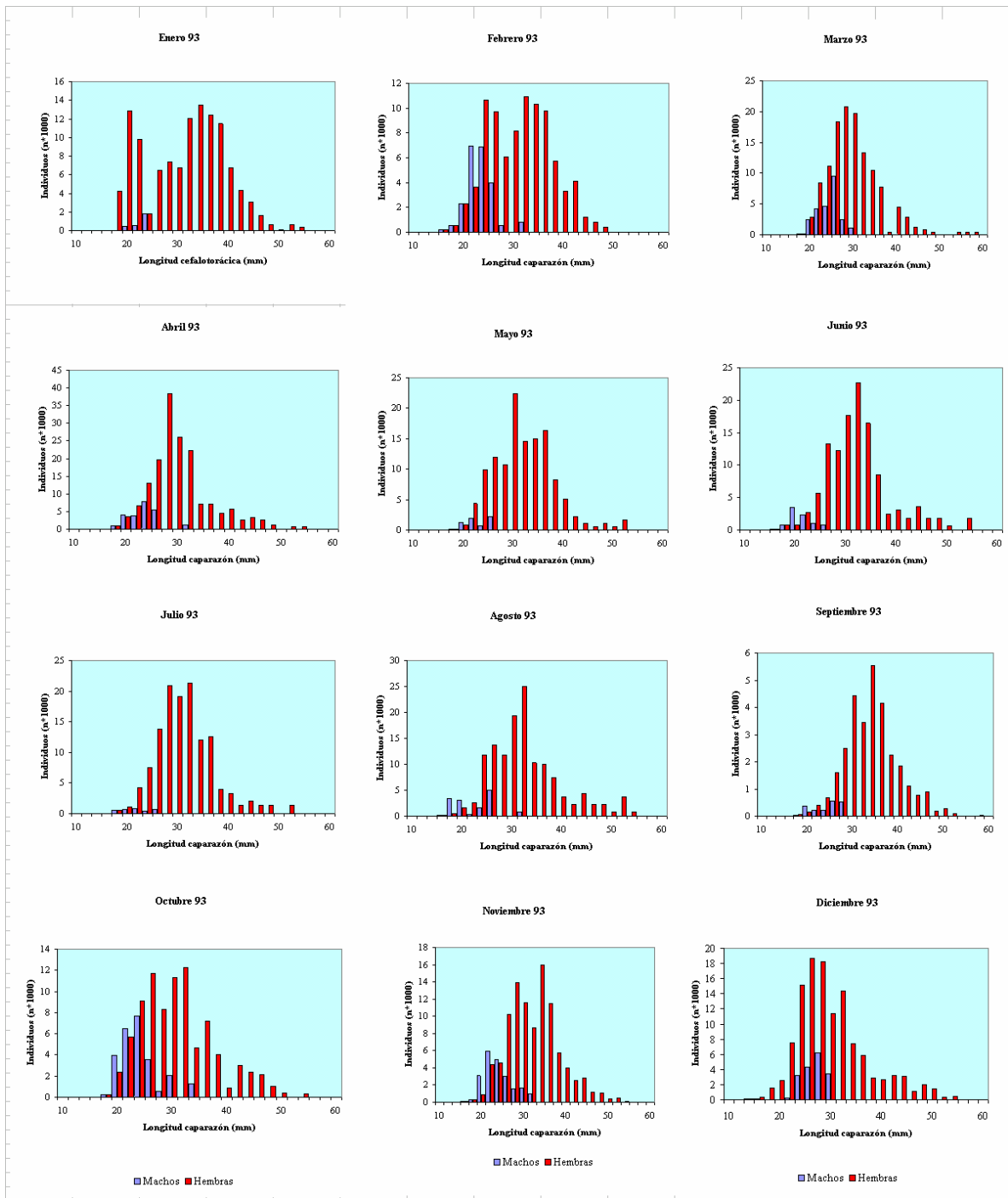


Figura A6.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas del Canal de Ibiza y desembarcadas en el puerto de Santa Pola durante el año 1993.

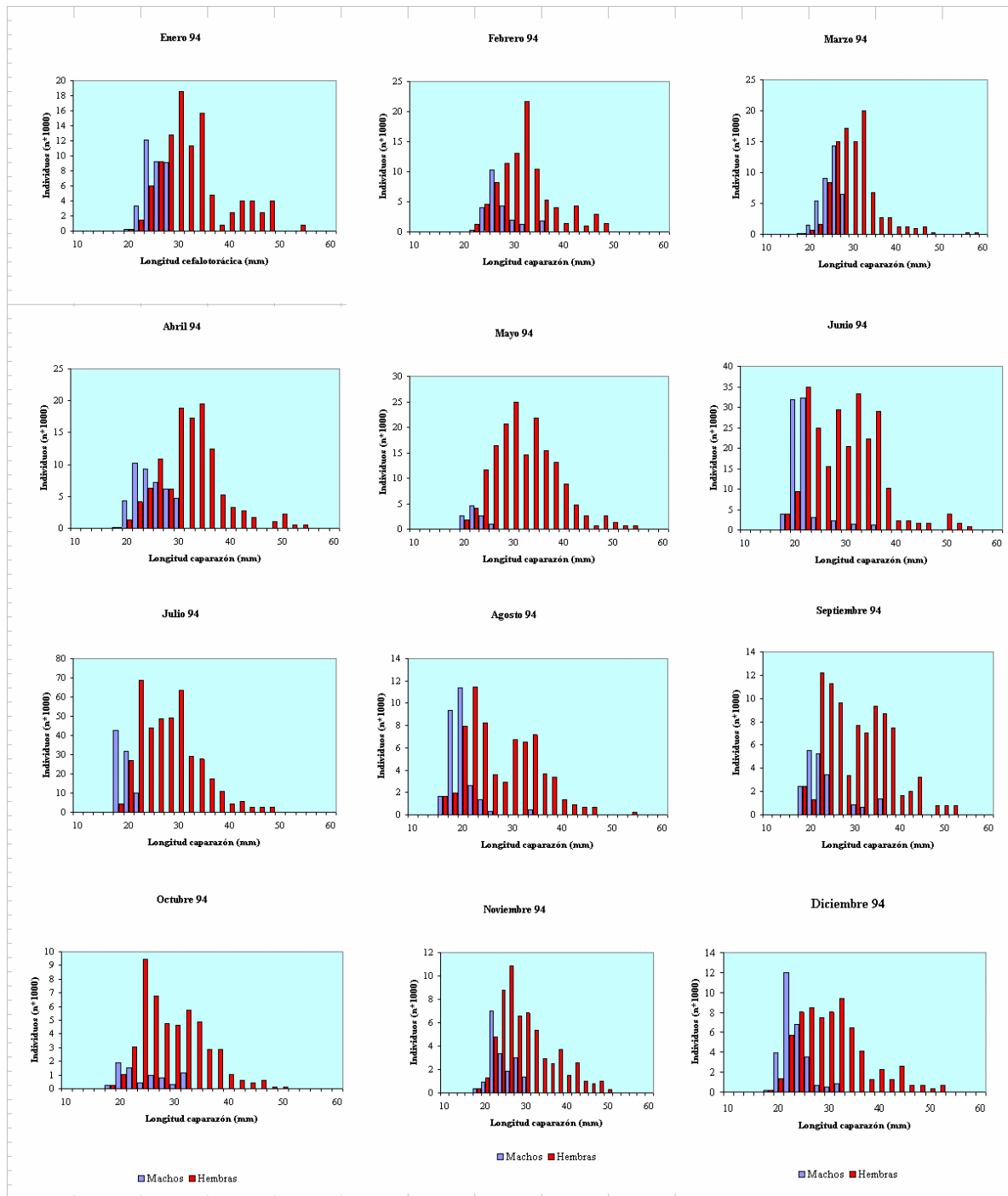


Figura A7.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas del Canal de Ibiza y desembarcadas en el puerto de Santa Pola durante el año 1994.

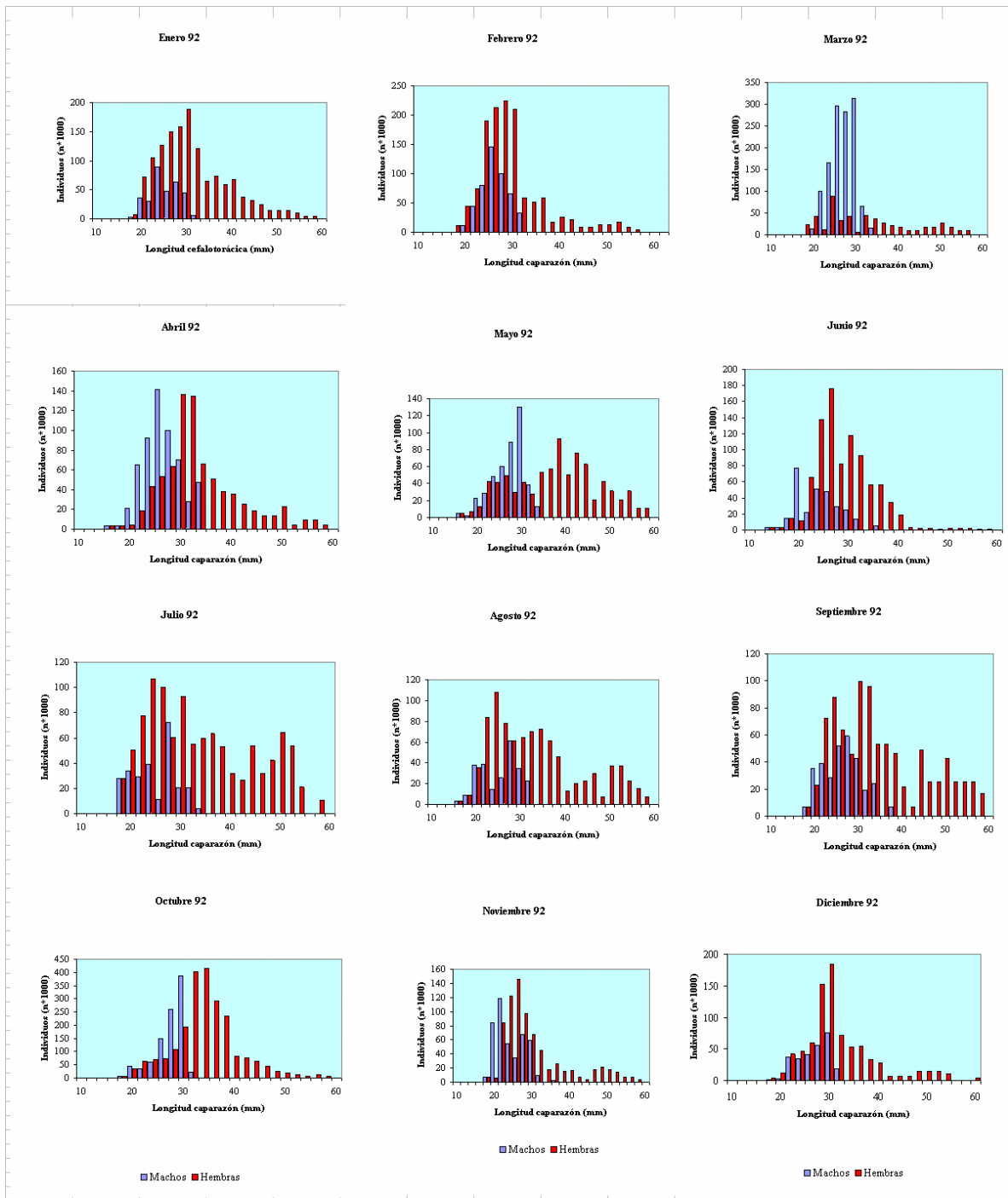


Figura A8.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas del Golfo de Vera y desembarcadas en el puerto de Garrucha durante el año 1992.

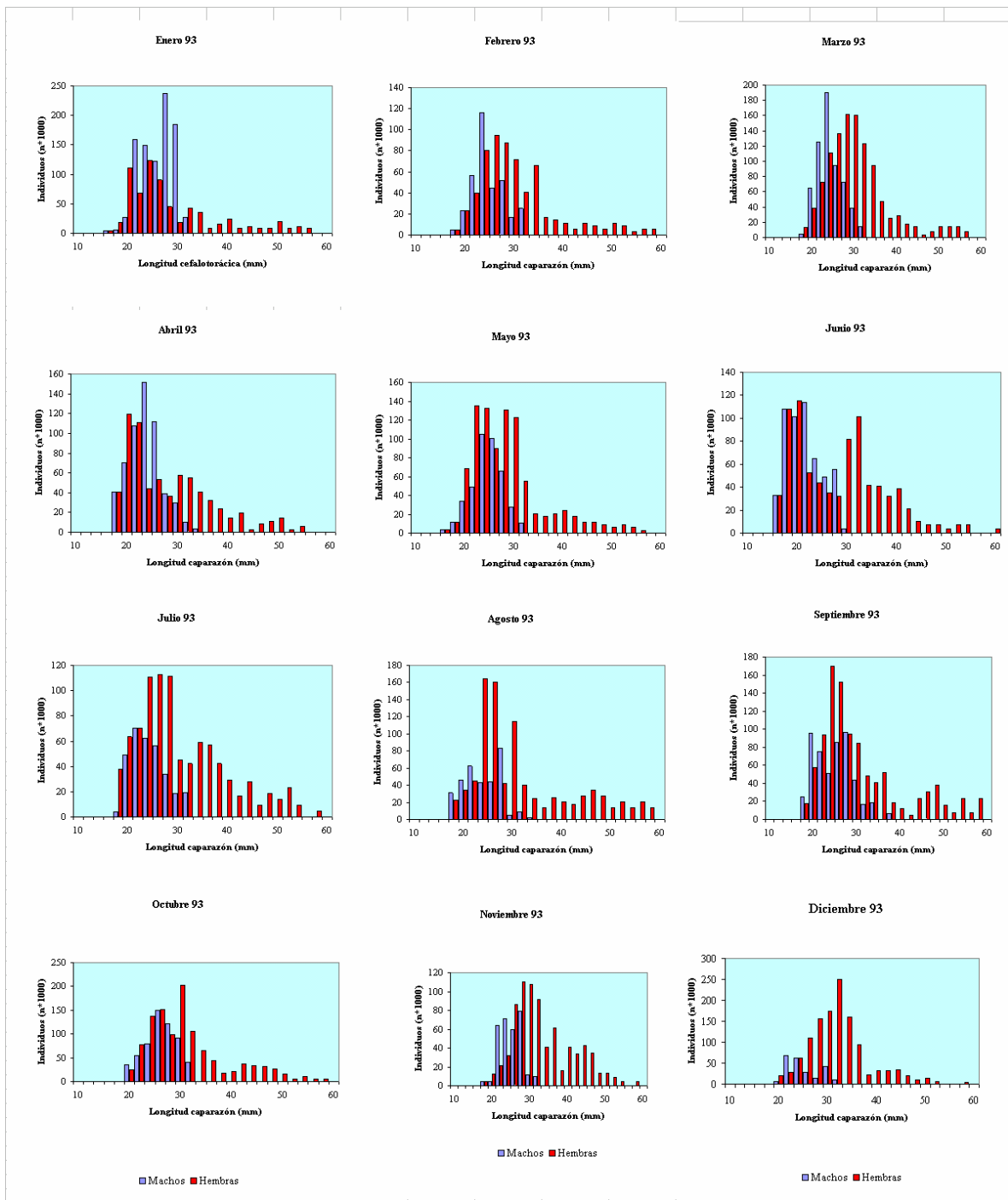
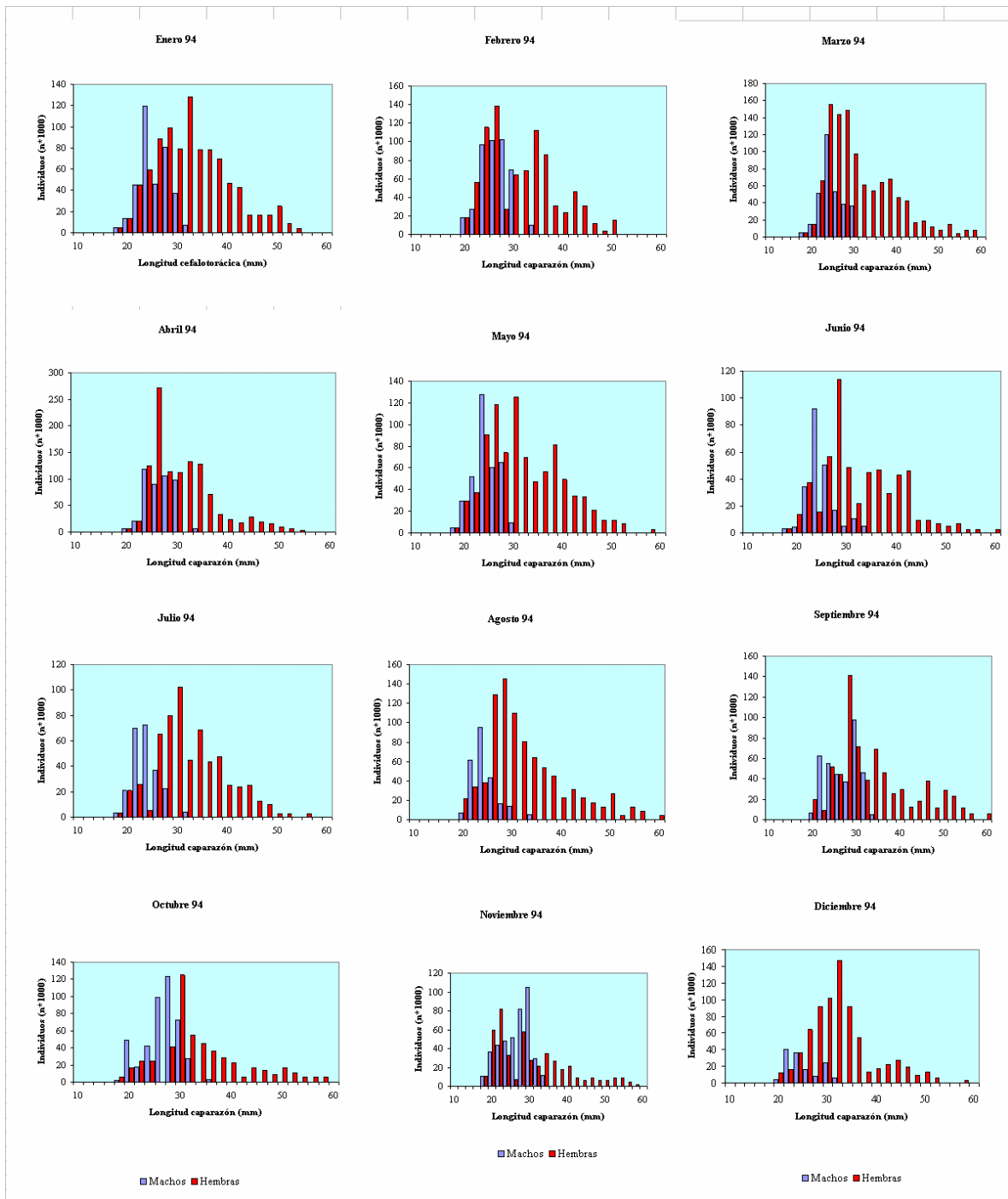


Figura A9.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas del Golfo de Vera y desembarcadas en el puerto de Garrucha durante el año 1993.



**Figura A10.- Distribución mensual de las frecuencias de machos y hembras, en miles de individuos, de las capturas del Golfo de Vera y desembarcadas en el puerto de Garrucha durante el año 1994.**

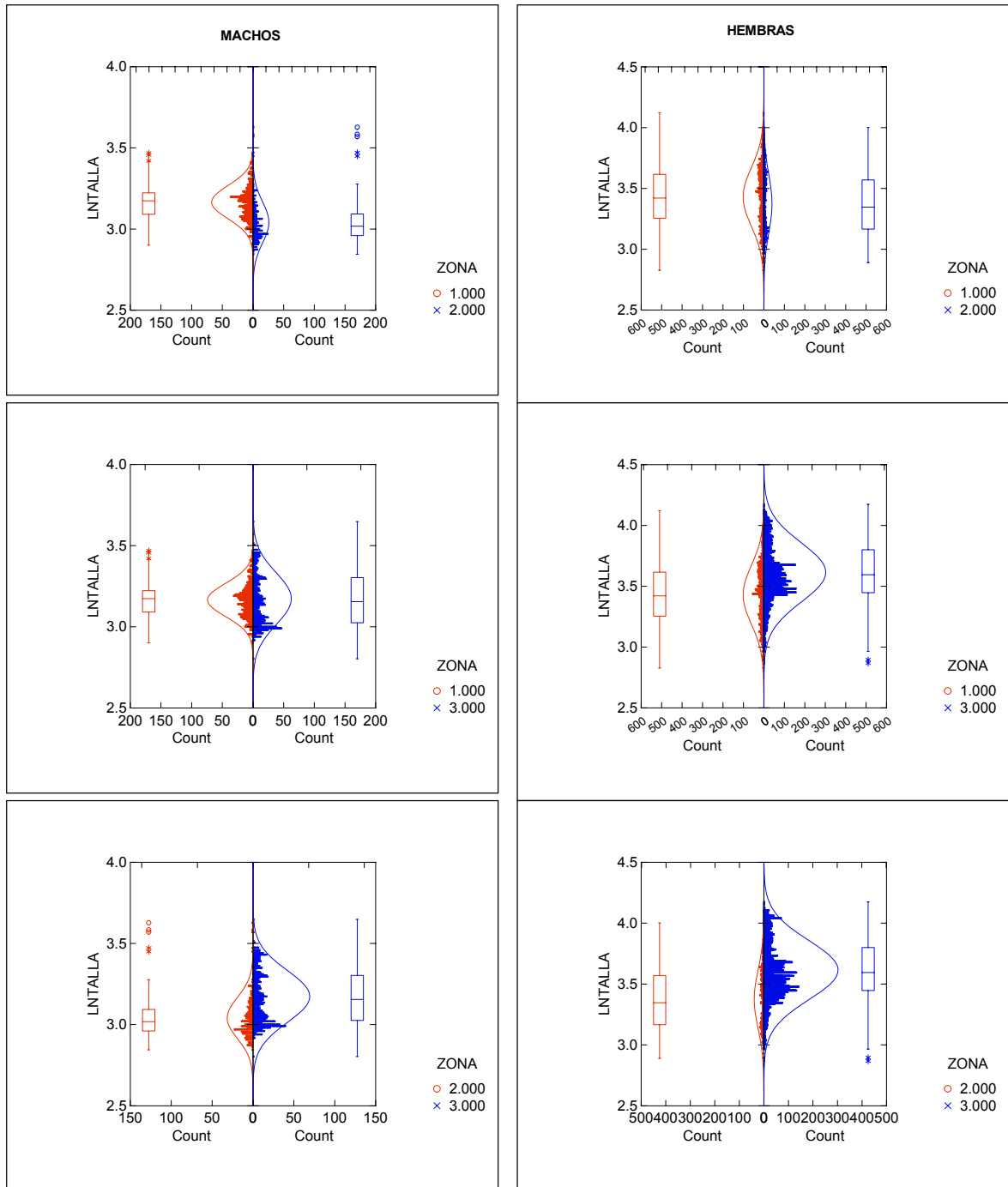
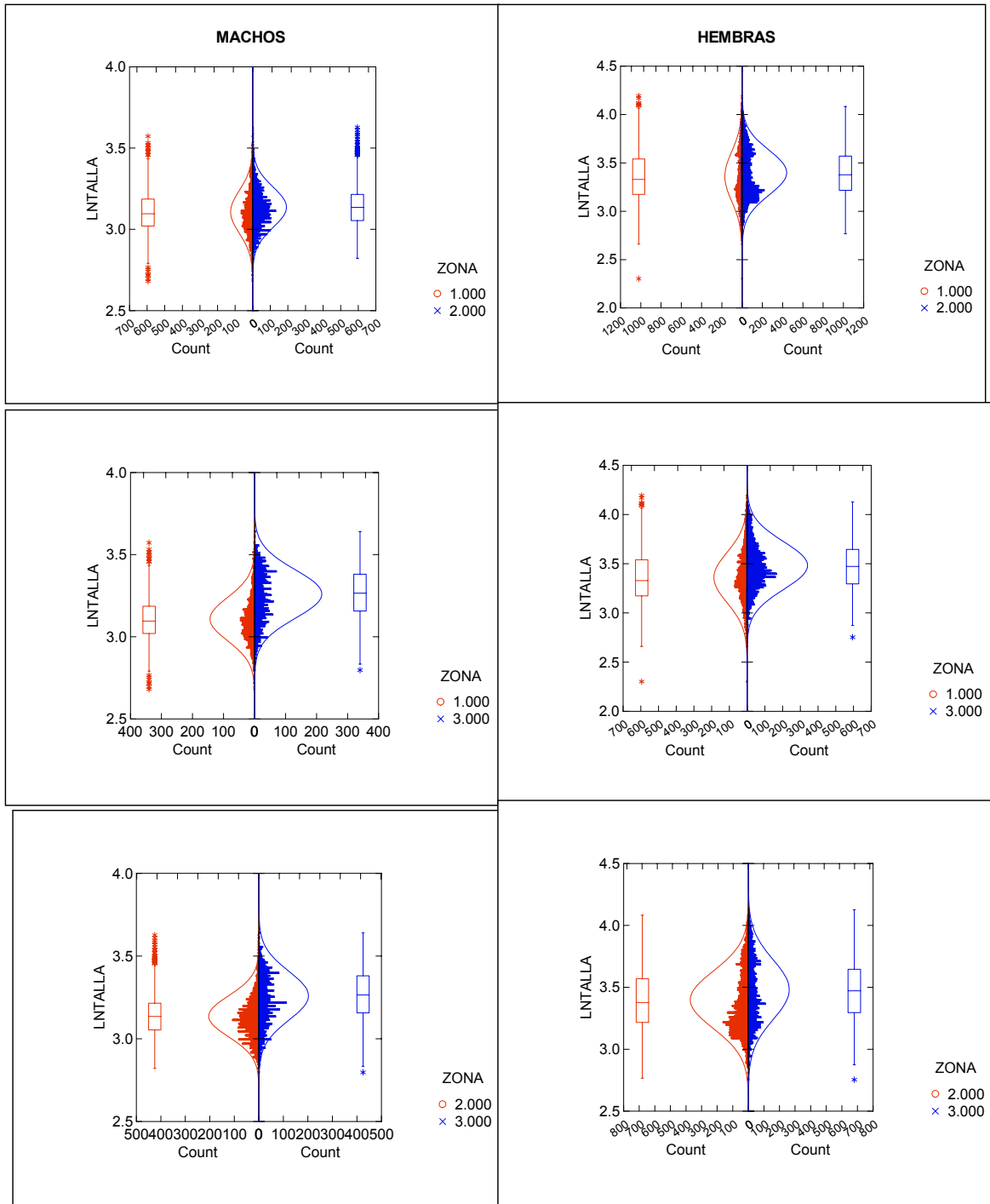


Figura A11.- Resultados del test t de comparación de medias entre las distintas muestras directas obtenidas en las zonas, sobre las tallas de machos (izquierda) y de hembras (derecha) de *A. antennatus*.



**Figura A12.- Resultados del test t de comparación de medias entre las distintas zonas de las tallas de machos (izquierda) y hembras (derecha) de *A. antennatus* obtenidas a lo largo del periodo de muestreo en lonja.**