



MICROFICHAS

INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA

Biología pesquera
del besugo *Pagellus acarne*
(Risso, 1826) del mar
de Alborán

Jorge Baro Domínguez

ISSN: 1135-8491

ISBN: 84-491-0455-6

Núm. 14

Págs. 1-228

Madrid, España 2000



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

Publicación científica de periodicidad no regular destinada fundamentalmente a la edición en microfichas de tesis doctorales realizadas por investigadores del Instituto Español de Oceanografía sobre Ciencias Marinas. Las tesis se publican tal como han sido presentadas en las Universidades.

Dirección en Internet: <http://www.ieo.es>

An aperiodical scientific publication, whose main purposes is to publish, on microfilm, doctoral theses regarding the marine sciences by researchers from the Instituto Español de Oceanografía. These theses are published just as they were presented at university.

Website: <http://www.ieo.es>

La correspondencia relacionada con la publicación de originales y los intercambios de **MICROFICHAS** debe dirigirse a (*Send correspondence related to the publication of papers and exchange of issues of MICROFICHAS to*):

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Avda. de Brasil, 31 . 28020 Madrid, España . Tel.: 91-597 08 64 . Fax: 91-597 47 70

E-mail: concha.mosquera@md.ieo.es

La petición de información sobre suscripciones y adquisición de números sueltos, así como la solicitud de ejemplares, deberá hacerse por escrito al centro de distribución (*Requests for information regarding subscriptions and back issues should be made in writing to the distribution center*):

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 . 28014 Madrid, España. Fax: (91) 347 57 22

La responsabilidad por las opiniones emitidas en esta publicación corresponde exclusivamente al autor (*The opinions expressed herein are those of the author*).

Título abreviado de esta publicación (*Running title*): Microfichas. Inst. Esp. Oceanogr.

CONSEJO ASESOR (*ADVISORY BOARD*)

Eduardo López-Jamar Martínez. Subdirector General de Investigación.

Presidente del Consejo Asesor.

Jerónimo Corral Estrada. Consejero Técnico para Investigación y Tecnología.

Secretario del Consejo Asesor

Argeo Rodríguez de León. Jefe de Área de Medio Marino y Protección Ambiental

Ignacio Arnal Atarés. Jefe de Área de Cultivos

Enrique de Cárdenas González. Jefe de Área de Pesquerías

COORDINACIÓN EDITORIAL (*EDITOR*)

Concha Mosquera de Arancibia

© Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2000

Depósito Legal: M-47430-2000

ISSN: 1135-8491

ISBN: 84-491-0455-6

NIPO: 251-00-079-8

Diseño de cubierta: Omega. Ramón Azorín, 2. 28047 Madrid, España

Imprime: Microdatos Comercial, S.L. Doctor Castelo, 10. 4ºD. 28009 Madrid, España

MICROFICHAS

INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA

Biología pesquera
del besugo *Pagellus acarne*
(Risso, 1826) del mar
de Alborán

Jorge Baro Domínguez

Centro Oceanográfico de Málaga
INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA
Puerto Pesquero, s/n. 29640 Fuengirola (Málaga), España

Recibido en febrero de 1999. Aceptado en abril de 1999



Centro de Publicaciones
Paseo de la Infanta Isabel, 1. 28014 Madrid, España

ISSN: 1135-8491
ISBN: 84-491-0455-6

Núm. 14
Págs. 1-228
Madrid, España 2000

RESUMEN

Las evaluaciones de las poblaciones de peces en el mar Mediterráneo son, en cantidad y calidad, muy inferiores a las que se realizan en el vecino Atlántico norte (área CIEM). Esta diferencia se debe fundamentalmente a la escasez de bases de datos y a la falta de disponibilidad de metodologías adecuadas al entorno mediterráneo. Sin embargo, los modelos clásicos de evaluación están suficientemente validados como para abordar análisis de la dinámica de una población explotada. Además, el argumento de que el estado de una pesquería depende más de otros aspectos que los derivados de la explotación, demasiado extendido en el caso Mediterráneo, no debe poner freno a la utilización de esos modelos. Como caso práctico bajo estas premisas, nos propusimos estudiar la dinámica de la población del besugo *Pagellus acarne* (Risso, 1826) en el sector norte del mar de Alborán.

La elección del besugo como especie objetivo tuvo dos motivaciones principales. En primera instancia, por ser la especie de pez más importante de la región surmediterránea en cuanto a capturas y, sin embargo, estar relativamente muy poco estudiada. En segundo lugar, al ser una especie intensamente explotada por dos flotas diferentes (arrastre y artesanales) ofrecía otro aspecto de interés: el del análisis de las interacciones entre ambas flotas y la respuesta de la población a cambios en el esquema de explotación de las mismas. Este último aspecto, de especial relevancia en las pesquerías mediterráneas, ha sido muy poco estudiado y los análisis llevados a cabo en esta memoria son los primeros de tal naturaleza que se desarrollan en la región surmediterránea.

La organización del presente trabajo es muy dependiente de las necesidades de los análisis de dinámica de poblaciones que se realizan. Así, en los primeros capítulos se describen las pesquerías de besugo en el área, haciendo especial referencia a las capturas y sus distribuciones de frecuencias de tallas; a continuación, se estudian aquellos aspectos biológicos de los que se extraen los parámetros de entrada necesarios para la aplicación de los modelos y, por último, se presentan los análisis correspondientes.

Muchos de los aspectos estudiados son muy diferentes entre sí en el sentido de que las metodologías, e incluso el material empleado, lo son, por lo que hemos preferido incluir por separado estos apartados en cada uno de los capítulos, presentando los resultados y su discusión también desglosados, tratando de facilitar el mejor seguimiento de cada uno de ellos.

Se realiza un exhaustivo estudio de la especie, sobre todo de aquellos aspectos necesarios para la aplicación del modelo de evaluación elegido. En la primera parte, se analiza el esquema de explotación, describiendo los diferentes artes y flotas que explotan el recurso y su importancia relativa, presentando el volumen de las capturas efectuadas por cada tipo de flota y sus composiciones de tallas. A continuación se describe la distribución espacial del besugo en el área, tanto en el sentido longitudinal como en relación con la profundidad.

Respecto a las capturas, se muestra cómo la mayor proporción corresponde a la flota de arrastre frente a la artesanal. La flota de arrastre explota más intensamente un rango de tallas más estrecho y formado por individuos de tamaño más pequeño que el de la flota artesanal. El mayor porcentaje de capturas de la flota de arrastre se sitúa entre 19 y 23 cm de longitud total, mientras el correspondiente a la flota artesanal está localizado entre 20 y 25 cm.

Con relación a la distribución espacial se observa cómo la población de besugo se concentra en dos zonas bien delimitadas: en las proximidades del estrecho de Gibraltar y al oeste del golfo de Almería. Existe una segregación batimétrica, del tipo *bigger-deeper*, en función de las tallas de los individuos. Los especímenes reproductores ocupan preferentemente rangos batimétricos por debajo de 90 m de profundidad, mientras la fracción juvenil de la población se distribuye en las cotas más someras.

Uno de los apartados más importantes es el relativo al estudio de la biología de la especie, sobre todo en aquellos aspectos de importancia para el análisis de dinámica de la población. Se analiza, en primer lugar, la reproducción de la especie, incidiendo en aspectos tales como la inversión sexual, la talla de primera madurez y el potencial regenerador de la población de las hembras. En segundo lugar se estudia el crecimiento, tanto el relativo al peso como las relaciones talla-edad. Una variable muy importante para la evaluación es la mortalidad; en este capítulo se presta especial atención a las tasas que disminuyen los efectivos de la población, provocadas por motivos tanto naturales como derivados de la explotación resultante del ejercicio de la pesca.

Dentro de los aspectos de la reproducción, los principales resultados obtenidos han sido: el balance de sexos de la población es claramente favorable para los machos; la especie es un típico hermafrodita protándrico, ocurriendo el cambio de sexo entre 20,5 y 20,9 cm; la época de puesta del besugo en el mar de Alborán es muy amplia, extendiéndose desde finales de la primavera (mayo) hasta principios del otoño (octubre); la talla de primera madurez del besugo del mar de Alborán se sitúa en 19 cm de longitud total. El besugo es una especie con fecundidad indeterminada, que realiza varios actos de puesta en un ciclo reproductor.

En cuanto al crecimiento, en primer lugar se constata cómo los valores de los parámetros que definen la relación talla-peso son bastante diferentes para los dos años analizados (1990 y 1991), por lo que no puede establecerse una relación única para la especie en el área y, en segundo lugar, que la relación talla-edad parece ajustarse bien al modelo definido por la ecuación de Von Bertalanffy, obteniéndose los siguientes valores para los parámetros de la ecuación de crecimiento: $L_{\infty} = 29,62$; $K = 0,27$ y $t_0 = -1,36$.

La tercera parte está dedicada al estudio del estado del stock y las respuestas a posibles modificaciones en el esquema de explotación. Se presentan los resultados de la estimación de los vectores de mortalidad por pesca y su respuesta, tanto a los diferentes parámetros de entrada como a modificaciones de la intensidad del esfuerzo pesquero. Se realizan simulaciones de cambios de explotación partiendo de la situación inicial, analizando los resultados en el tiempo en términos de rendimientos por recluta y en biomasa por recluta. Por

último, se contemplan aspectos relacionados con la interacción entre las flotas, examinando las respuestas de la población a diferentes estrategias de explotación con aumentos o disminuciones del esfuerzo ejercido por una o ambas flotas implicadas.

En este apartado los principales resultados han sido los siguientes: se aprecia una elevada sensibilidad en los resultados del análisis de población virtual (APV) a diferentes parámetros de entrada, más acusada en los valores del rendimiento por recluta (Y/R) que en los de la biomasa por recluta (B/R); no parece existir una sobreexplotación del stock, aunque resulta muy difícil situar el punto del máximo rendimiento sostenible; existe una acusada interacción entre las dos flotas que explotan el recurso, siendo mayor la influencia del arrastre. Como recomendación final, se comenta que no debería aumentarse el nivel de esfuerzo por encima del actual y que un cambio en la dirección del esfuerzo debería siempre ser dirigido hacia aumentos del componente artesanal en detrimento del de arrastre, con lo que sería posible obtener aumentos en los rendimientos sin afectar de modo negativo el estado del recurso.

Palabras clave: *Pagellus acarne*, mar de Alborán, biología, distribución, fecundidad, crecimiento, dinámica de población.

ABSTRACT

Fisheries biology of axillary seabream *Pagellus acarne* (Risso, 1826) in the Alborán Sea

The quality and quantity of fish stock assessments carried out in the Mediterranean Sea is much poorer than those of the North Atlantic (ICES). This difference is mainly caused by the lack of information stored in databases, as well as the lack of appropriate methodologies adapted to the peculiarities of the Mediterranean fisheries. However, the classical assessment models are sufficiently validated to assess the dynamics of the fish populations exploited there. Moreover, the argument that the state of the Mediterranean fisheries depends on its own particularities rather than those derived from its exploitation -too extended in the Mediterranean case- should not be hindrance to the use of these models. As a case study of this premise, we decided to examine the population dynamics of the axillary seabream *Pagellus acarne* (Risso, 1826) in the northern sector of the Alborán Sea.

The selection of *P. acarne* as a target species was mainly due to two reasons. First, this species is the most important in the South Mediterranean region in terms of landings. Second, since two different types of fleets exploit this species, it offers another interesting angle, related to the interaction of the fleets and the response of the exploited population to changes in the exploitation patterns. The latter aspect is relevant in the context of the Mediterranean fisheries, and has been insufficiently analysed; the present paper is the first to address this issue in the South Mediterranean region.

This report is organised around the requirements of the population dynamics analysis that were used. Consequently, the first chapters describe the fisheries of *P. acarne* in the study area. Subsequently, details are given on the acquisition of the biological information from which the input parameters were derived for the application of the assessment models. Lastly, the resulting analysis is discussed. Many of the aspects studied differ insofar as the methods and even the materials used. This is why they are arranged into different sections within each chapter. The results and discussion are likewise separated, with the intention of facilitating a better understanding of each section.

The main body of the paper presents an exhaustive study of the species, which begins by analysing the exploitation pattern, describing the different gears and fleets exploiting the resource and its relative importance in terms of catch by type of fleet and their specific size composition. With regard to the catch, the major fraction corresponds to the trawl fleet, which intensely exploits a narrower size range, which comprises specimens of smaller sizes (19-23 cm) than the artisanal fleet (20-25 cm).

The population is concentrated in two well-defined areas: in the proximity of the Straits of Gibraltar and west of the Gulf of Almeria. There is a bathymetric segregation in relation to size of the specimens, of the *bigger-deeper* type. The spawners prefer the depths below 90 m, while the juvenile fraction of the population is distributed in shallower depths.

One of the most important sections is related to the species's biology, especially in those aspects necessary for the application of population dynamics. In the first place, the reproductive aspects of the species are considered. Secondly, the growth of the species is analysed, in relation to weight as well as the size-age relationship. In this chapter, special attention is paid to the rates of population decrease provoked by natural causes, as well as those derived from exploitation.

A major reproduction-related issue is the resulting sex ratio of the population, which is clearly skewed towards males. This species is a typical protandrous hermaphrodite, which undergoes a change in sex in sizes between 20.5-20.9 cm. The spawning season in the Alborán Sea is quite extended in time, from spring (May) to autumn (October). The size at first maturity is 19 cm total length. This species is also a serial spawner, with several spawnings during its reproductive cycle.

With regard to growth, the size-weight relationship was rather different in the two years of analysis (1990 and 1991); hence, a unique relationship cannot be defined for the area. The size-age relationship showed a good fit with the Von Bertalanffy equation, obtaining the following growth parameters: $L_{\infty} = 29.62$; $K = 0.27$ y $t_0 = -1.36$.

The third part of the report is dedicated to the current state of the stock and to the population's response to exploitation pattern modifications. The results of the estimates of the fishing mortality vectors and their response to the input parameters, as well as to changes in the fishing effort, are presented. Simulations were carried out taking into consideration changes in the exploitation, using an initial starting point and analysing the results in time in terms of the yields per recruit and the recruit biomass. Lastly, the interaction between the fleets is considered, examining the impact on the population of the different exploitation strategies involving increase or decrease in fishing effort, applied by one or both types of fleets.

The results of Virtual Population Analysis (VPA) were found to be highly sensitive to the different input parameters, more intense in the yields per recruit (Y/R) than the biomass per recruit (B/R). No over-exploitation seems to occur, and although it is difficult to establish a maximum sustainable yield, there is certainly an interaction between the fleets that exploit the resource, which is mainly influenced by the trawling fleet. The report concludes with two recommendations: further intensification of the current fishing effort should be avoided; and changes in the exploitation pattern should be directed towards the artisanal component, which would lead to better yields without negatively affecting the state of the resource.

Key words: *Pagellus acarne*, Alborán Sea, biology, distribution, fecundity, growth, population dynamic.

BIBLIOGRAFÍA RESUMIDA

- Aldebert, Y., L. Recasens y J. Lleonart. 1993. Analysis of gear interactions in a hake fishery: the case of the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Sci. Mar.* 57 (2-3): 207-217.
- Alekseev, F. E. 1967. Hermaphroditism and regulations of population sexual structure in *Pagellus acarne*. *ICES C.M.* G:7: 1-4.
- Alekseev, F. E. 1982. Hermaphroditism in Porgies (Perciformes, Sparidae), I. Protogyny in scups, *Pagrus pagrus*, (L.), *P. orphus* Risso, *P. ehrenbergi* Val. and *P. auriga* Val. from the West African shelf. *Journal of Ichthyology* 22 (5): 85-94.
- Alheit, J. 1986. A new method for determining batch fecundity of Hake (genus: *Merluccius*). *ICES. Demersal Fish Committee* G:62: 7 pp.
- Álvarez, F. 1990. Las pesquerías de arrastre para especies pelágicas en Tarragona. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 87: 32 pp.
- Anato, C. B. y M. H. Ktari. 1986. Age and growth of *B. boops* off the Tunisian coast. *Bull. Inst. Natl. Sci. Téchn. Océanogr. Pêche. Salambó* 13: 33-54.
- Andaloro, F. 1982. Résumé des paramètres biologiques sur *Pagellus acarne* de la mer Tyrrhénienne méridionale et de la mer Ionienne septentrionale. Report of the first technical consultation on stock assesment in the central Mediterranean. Tunis. *FAO Fish. Rep.* 266: 89-92.
- Andaloro, F. 1983. About the catch, the diet, the reproduction, the size frequency and distribution of *Pagellus acarne* (Risso, 1826) in the straits of Messina area. *Rapp. Comm. Int. Mer Mediter.* 28 (5): 35-37.
- Andaloro, F. y S. P. Giarritta. 1985. Contribution to the knowledge of the age, growth and feeding of pandora in Sicilian Channel. *FAO Rapp. Pêch.* 336: 85-88.
- Balguerías, E. 1993. *La pesca de los costeros canarios en el banco sahariano: antecedentes históricos y situación actual. La chopa* (*Spondyliosoma cantharus* Linnaeus, 1758) como ejemplo de aplicación de métodos simples para la evaluación de stocks en la pesquería artesanal canaria. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Animal, U.E.I. de Ciencias Marinas. Universidad de La Laguna: 382 pp.
- Baro, J., F. Ramos, J. A. Camiñas y J. C. Núñez. 1992. Las Pesquerías de Bivalvos de la región Surmediterránea Española. *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 129: 1-104.

Bertalanffy, L. von. 1934. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Wachstums. 1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. *Roux Arch. Entwicklungsmech. Org.* 131: 613-653.

Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23: 115-135.

Camiñas, J. A. y J. Baro. 1992. Fishing resources exploited by the small scale fisheries fleet in the Alborán Sea. Recommendations for its Management. En: *The Ocean Change: Management patterns and the environment. Proceedings of the CMG. Meeting held at La Rábida* (22-25 de mayo, 1991. Huelva). J. L. Suárez de Vivero e International Geographical Union (eds.): 289-294. Departamento de Geografía Humana. Servicio de Publicaciones, Universidad de Sevilla. Sevilla.

Camiñas, J. A., J. Baro, J. C. Núñez y F. Ramos. 1990. Local fishery study of the Spanish South mediterranean region. Third part. Co-operative Project EEC/IEO XIV-B-1/1989-90: 240 pp. (Mimeo.)

Camiñas, J. A., J. Baro, J. C. Núñez y F. Ramos. 1992. Especies demersales capturadas con artes de anzuelo en el Mar de Alborán. En: *Historia Natural'91*. A. Alemany (ed.): 361-367. Departamento de Biología Ambiental, Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca.

Camiñas, J. A., J. Baro y J. A. Reina. 1987. Las pesquerías locales de la Región Surmediterránea española. Primera parte. Proyecto Cooperativo CEE/IEO 3857: 236 pp. (Mimeo.)

Camiñas, J. A., J. C. Núñez, F. Ramos y J. Baro. 1989. Las pesquerías locales de la Región Surmediterránea española. Segunda parte. Proyecto Cooperativo CEE/IEO 88/2872: 340 pp. (Mimeo.)

Chacroun-Marzouk, N. y F. Kartas. 1987. Reproduction de *Pagrus caeruleostictus* (Valenciennes, 1830) (Pisces, Sparidae) des cotes tunisiennes. *Bull. Inst. Natl. Sci. Téch. Océanogr. Pêche. Salambó* 14: 33-45.

D'Ancona, U. 1950. Il differenziamento della gonade e l'inversione sessuale degli Sparidi. *Arch. Oceanogr. Limnol.* Año VI (II-III): 97-163.

Domanevskaya, M. V. 1982. Specifics of the distribution of *Pagellus acarne* (Sparidae) in the Southeastern Mediterranean Sea. *Journal of Ichthyology* 22 (2): 127-130.

Domanevskaya, M. V. 1987. Caracteristiques ecologiques et biologiques du dente aux gros yeux (*Dentex macrophthalmus* Bloch, 1791) et du pageot argente (*Pagellus acarne* Risso, 1926) de la region centre-est Atlantique. *Report FAO CECAF/ECAF* 86/38: 299-432.

Faranda, F., G. Lo Paro, A. Manganaro, S. Greco, F. Azzaro, A. Donato, G. Dugo, A. Mauceri, V. Micale, F. Perdichizzi y A. Verzera. 1985. Effetti della densità di allevamento di *Pagellus acarne* sull'accrescimento, sul differenziamento delle gonadi e sul contenuto lipidico del tessuto epatico. *Mem. Biol. Mar. Oceanogr.* 15: 223-240.

Garratt, P. A., A. Govender y E. Punt. 1993. Growth acceleration at sex change in the protogynous hermaphrodite *Chrysoblephus puniceus* (Pisces: Sparidae). *S. Afr. J. Mar. Sci.* 13: 187-193.

Ghorbel, M. 1981. *Contribution à l'étude morphologique et biologique des poissons des genres Pagellus et Lithognathus de Tunisie; étude dynamique préliminaire du pageau dans le Golfe de Gabès*. Diploma de estudios avanzados de biología marina y oceanografía. Universidad de Túnez: 139 pp.

Girardin, M. 1978. *Les Sparidae du golfe du Lion. Ecologie et biogéographie*. Diploma de estudios avanzados. Universidad de Ciencias y Técnicas de Languedoc, Montpellier: 140 pp.

Girardin, M. 1981. *Pagellus erythrinus (Linnaeus, 1758) et Boops boops (Linnaeus, 1758) (Pisces, Sparidae) du Golfe de Lion. Ecobiologie, prises commerciales et modèles de gestion*. Tesis doctoral. Universidad de Ciencias y Técnicas de Languedoc, Montpellier: 290 pp.

González, J. A., I. J. Lozano, J. Carrillo, M. A. Caldentey y J. I. Santana. 1990. Época de puesta de ocho espáridos en las Islas Canarias. En: *Bentos VI*. L. Gállego Castejón (ed.): 313-320. Bilbilis. Palma de Mallorca.

González, J. A. e I. J. Lozano. 1992. Determinación de curvas de madurez sexual en la vieja, *Sparisoma (Euscarus) cretense* (L.) (Osteichthyes, Scaridae), de Canarias. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 8 (2): 271-297.

González Pajuelo, J. M. y J. M. Lorenzo Nespereira. 1994. Parámetros biológicos del besugo *Pagellus acarne* (Pisces, Sparidae) en Gran Canaria (islas Canarias). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 10 (2): 155-164.

Gulland, J. A. y S. J. Holt. 1959. Estimation of growth parameter for data at unequal time intervals. *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer* 25 (1) : 47-9.

Hunter, J. R. y B. J. Macewicz. 1985. Measurements of spawning frequency in multiple spawning fishes. En: *An egg production model for estimating spawning biomass of pelagic fish: applications to the northern anchovy, Engraulis mordax*. R. Lasker (ed.). NOAA Technical Report NMFS 36: 79-94.

Hunter, J. R., B. J. Macewicz, N. C. Lo y C. A. Kimbrell. 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. *Fish. Bull. US* 90: 101-128.

- Jones, R. 1982. The use of length composition data in fish stock assessments (with notes on VPA and Cohort Analysis). *FAO Fisheries Circular* 734: 55 pp.
- Jukic, S. y C. Piccinetti. 1981. Quantitative and qualitative characteristics of demersal resources in the Adriatic sea with some population dynamics estimates. *FAO Rapp. Pêch.* 253: 73-92.
- Kartas, F. y J. P. Quignard. 1984. La fecondité des poissons téléostéens. *Collection de Biologie des Milieux Marins* 5: 121 pp. Mason, París.
- Lamrini, A. 1986. Sexualité de *Pagellus acarne* (Risso, 1826) (Teleosteen, Sparidae) de la côte Atlantique Meridionale du Maroc (21°-26° N). *Cybium* 10 (1): 3-14.
- Lang, J. B. y C. D. Buxton. 1993. Validation of age estimates in sparid fish using fluorochrome marking. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 13: 195-203.
- Larrañeta, M. G. 1953. Observaciones sobre la sexualidad de *Pagellus erythrinus* L. *Publ. Inst. Biol. Apl. (Barc.)* XIII: 83-101.
- Larrañeta, M. G. 1964. Sobre la biología de *Pagellus erythrinus* (L.) especialmente de las costas de Castellón. *Inv. Pesq.* 27: 121-146.
- Lasserre, G. 1976. Dynamique des populations ichthyologiques lagunaires. Application à *Sparus aurata* L. Universidad de Ciencias y Técnicas de Languedoc, Montpellier: 306 pp.
- Livadas, R. J. 1989a. The growth and maturity of bogue in waters of Cyprus. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 52-57.
- Livadas, R. J. 1989b. A study of the biology and population dynamics of pandora (*Pagellus erythrinus* L., 1758), Family Sparidae, in the Sea of Cyprus. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 58-76.
- Lo, N. C. M., J. Alheit y B. Alegre. 1986. Fecundidad parcial de la sardina peruana (*Sardinops sagax*). *Boletín del Instituto del Mar del Perú* 10 (2): 48-60.
- Lozano, I., M. A. Caldentey, J. A. González, J. Carrillo y J. J. Santana. 1990. Talla de primera madurez sexual de seis espáridos de interés pesquero en Canarias. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 84: 30 pp.
- Lleonart, J. y J. Salat. 1992. VIT. Programa de análisis de pesquerías. *Informes Técnicos de Scientia Marina* 168-169: 116 pp.
- Man-Wai, R. y J. P. Quignard. 1982. Les sars *Diplodus sargus* (Linné, 1758) du Golfe du Lion: croissance et caractéristiques des débarquements aux créées de Sète et du Grau-du-Roi. *Inst. Pêch. Marit. Rev. Trav.* 46 (3): 173-194.

Martín, P. 1989. *Dinámica de la pesquería de arrastre en Cataluña*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona: 358 pp.

Millner, R. D. 1985. The use of anchored gill and tangle nets in the sea fisheries of England and Wales. *Laboratory Leaflet* (Ministry of Agriculture Fisheries and Food -MAFF-, Directorate of Fisheries Research, Lowestoft, Gran Bretaña) 57: 27 pp.

Morales-Nin, B. 1979. Ultra structure of the otoliths from *Pagellus acarne* (Risso). *Rapp. Comm. Int. Mer Mediter.* 25/26 (10): 27-30.

Morales-Nin, B. 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Téc. Inst. Invest. Pesq.* 143: 3-31.

Munro, J. L. y D. Pauly. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM) Fishbyte* 1 (1): 5-6.

Mytilinéou, C. 1989. Données biologiques sur le pageot des cotes orientales de la Greece centrale. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 77-82.

Oliver, P. 1994. Dinámica de la población de merluza (*Merluccius merluccius* L.) de Mallorca (reclutamiento, crecimiento y mortalidad). Tesis doctoral. *Microfichas. Instituto Español de Oceanografía* 2: 3-11.

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.

Pereiro, J. A. 1982. Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 1: 255 pp.

Polloni, P., R. Haedrich, G. Rowe y C. Hovey. 1979. The size-depth relationship in deep ocean animals. *Int. Rev. Gesamten Hydrobiol.* 64 (1): 39-46.

Pope, J. G. 1972. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis using Cohort Analysis. *ICNAF Res. Bull.* 9: 65-74.

Rijavec, L. y S. Zupanovic. 1965. A contribution to the knowledge of biology of pandora in the middle Adriatic. *Rapp. P.V. Reun. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Mediterr.* 18 (2): 195-200.

Scott, S. G. y N. W. Pankhurst. 1992. Interannual variation in the reproductive cycle of the New Zealand snapper *Pagrus auratus* (Bloch & Schneider) (Sparidae). *Journal of Fish Biology* 41: 685-696.

Shapiro, D. Y. 1984. Sex reversal and sociodemographic processes in coral reef fishes. In: *Fish reproduction: strategies and tactics*. G. W. Potts y R. J. Wootton (eds.): 410 pp. Academic Press. London.

Sparre, P., E. Ursin y S. C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper* 306 (1): 337 pp.

Suau, P. 1970. Contribución al estudio de la biología de *Lithognathus* (= *Pagellus*) *mormyrus* L. (Peces, Espáridos). *Inv. Pesq.* 34 (2): 237-265.

Tanaka, S. 1960. Studies on the dynamics and the management of fish populations. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* 28: 200 pp.

Vassilopoulou, V. 1989. Some biological parameters on the red porgy, *P. pagrus*, in the Kastelloriza area. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 108-115.

Vetter, E. F. 1988. Estimation of natural mortality rates in fish stocks: a review. *Fish. Bull.* 86 (1): 25-43.

Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. (Woods Hole)* 90: 141-147.

Wetherall, J. A., J. J. Polovina y S. Ralston. 1987. Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length-frequency data. *International Center for Living Aquatic Resources Management (ICLARM) Conf. Proc.* 13: 53-74.

Zúñiga, L. R. 1967. Estudio del crecimiento de la boga en el Levante español. *Invest. Pesq.* 31 (3): 383-418.

ÍNDICE

Pág. Ficha

1. Introducción	1	1
1.1 Objetivos	4	1
1.2 Descripción del área de estudio	5	1
1.2.1 Hidrografía.	6	1
1.2.2 Fisiografía	8	1
1.3 El Besugo: aspectos generales	10	1
1.3.1 Diagnósis de la especie	13	1
1.4 La pesca del besugo en la región surmediterránea	15	1
1.4.1 La pesca artesanal en la región	15	1
1.4.1.1 Flota artesanal	19	1
1.4.1.2 Tipos de artes	23	1
1.4.2 La pesca de arrastre en la región	34	1
1.4.2.1. Flota de arrastre	36	1
1.4.2.2 El arte de arrastre	38	1
2. Distribución espacial del besugo en el área	41	1
2.1 Material y métodos	42	1
2.2 Resultados	44	1
2.3 Discusión	47	1
3. Capturas	50	1
3.1. Material y métodos	52	1
3.1.1 Flota artesanal	52	1
3.1.2 Flota de arrastre	54	1
3.2 Resultados	55	1
3.3 Discusión	57	1
4. Distribuciones de frecuencias de tallas de las capturas	61	1
4.1 Material y métodos	61	1
4.2 Resultados	64	1
4.3 Discusión	69	1
5. Características reproductivas del besugo	73	1
5.1 Proporción de sexos, hermafroditismo, talla de primera madurez y época de puesta	73	1
5.1.1 Material y métodos	73	1
5.1.2 Resultados	79	1
5.1.2.1 Sex-ratio, hermafroditismo e inversión sexual	79	1
5.1.2.2 Madurez sexual y época de puesta	82	1
5.1.2.3 Talla de primera madurez	87	2
5.1.3 Discusión	92	2
5.2 Fecundidad	106	2
5.2.1 Material y métodos	109	2
5.2.2 Resultados	112	2
5.2.3 Discusión	115	2

6. Crecimiento	120	2
6.1 Relación talla-peso	120	2
6.1.1 Material y métodos	120	2
6.1.2 Resultados	121	2
6.1.3. Discusión	124	2
6.2 Talla y edad	127	2
6.2.2 Introducción: el modelo de Von Bertalanffy	127	2
6.2.2.1 Frecuencias de tallas	138	2
6.2.2.2 Lectura de otolitos	134	2
6.2.3 Resultados	138	2
6.2.3.1 Frecuencias de tallas	138	2
6.2.3.2 Resultados de la lectura de otolitos	140	2
6.2.4 Discusión	143	2
7. Mortalidad natural	152	2
7.1 Material y métodos	154	2
7.2 Resultados y Discusión	157	2
8 Dinámica de la población del besugo en el mar de Alborán	160	2
8.1 Introducción: los modelos analíticos	160	2
8.2 Material y métodos	163	2
8.3 Resultados de los análisis	166	2
8.3.1 Resultados del APV y del rendimiento por recluta	166	2
8.3.2 Resultados del análisis de sensibilidad	179	2
8.3.3 Resultados del análisis de transición	182	2
8.4 Discusión	195	3
9. Conclusiones	201	3
10. Bibliografía	207	3

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA ANIMAL

TESIS DOCTORAL

**BIOLOGÍA PESQUERA DEL BESUGO [*Pagellus acarne*
(Risso, 1826)] DEL MAR DE ALBORÁN.**

Jorge Baro Domínguez
Málaga, 1996,

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

FACULTAD DE CIENCIAS

Visado en Málaga

Abril de 1996

El Director

Fdo. Dr. D. Ramón Muñoz-Chápuli Oriol

Profesor Titular del Departamento de Biología Animal

Facultad de Ciencias

Universidad de Málaga

Memoria que presenta para optar al grado de Doctor en Ciencias Biológicas.

Fdo. Jorge Baro Domínguez



DEPT. BIOLOGIA ANIMAL
FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE MALAGA
29071 - MALAGA
ESPAÑA

RAMON MUÑOZ-CHAPULI ORIOL, Profesor Titular del
Departamento de Biología Animal de la Facultad de Ciencias de la
Universidad de Málaga,

ACREDITA:

Que D. Jorge Baro Domínguez ha realizado bajo mi dirección los
trabajos que han conducido a la elaboración de la presente memoria de Tesis
Doctoral, cuya presentación se autoriza con este documento.

Y para que conste a todos los efectos, firma la presente acreditación en
Málaga, a 29 de Abril de 1996.

Fdo. R. Muñoz-Chápuli

A Maru, Jorge e Ignacio

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Han sido muchas las personas que me han prestado una inestimable ayuda para que pudiera finalizar la presente memoria. Tantas que, me temo, seguramente olvidaré a algunas en los párrafos que siguen, vaya para ellas mi petición de excusas por delante.

Nunca mejor que ahora, el orden de los factores altera el producto de mi gratitud:

Al Prof. Dr. Ramón Muñoz-Chápuli, Director de esta Tesis, que durante todos estos años siempre confío en mí, a pesar de que el tiempo lo mata todo.

A Juan A. Camiñas, Director del Centro Oceanográfico de Málaga del IEO y amigo, con el que me inicié en el mundo de la biología pesquera. Me animó constantemente a que finalizara este trabajo y me ha facilitado en todo momento la realización del mismo.

A mis compañeros del proyecto de pesca artesanal, José A. Reina, Pilar Serrano, Juan Carlos Nuñez y Fernando Ramos, con los que compartí tantos malos y, sobre todo, buenos momentos.

A Luis Gil de Sola, jefe de las campañas MERSEL, y a todos los compañeros que formamos los equipos de aquellas inolvidables — por muchos motivos — campañas y, en especial, a Ángel Carpena, Joan Bruno, Fernando Ramos (otra vez) y Enric Massutí. Además, a Ángel Carpena le debo su valiosa ayuda en el manejo del analizador de imágenes y a Enric Massutí, el haberme ofrecido su desinteresada y experta colaboración en la lectura de otolitos.

Mis compañeras del Centro que forman el equipo de CECAF, Teresa García, Lourdes Fernández y Ana Ramos, soportaron estoicamente que les robara su tiempo, sus ordenadores y su bibliografía en numerosísimas ocasiones.

El resto de mis compañeros del Centro Oceanográfico me han prestado ayuda y apoyo de muy diversas maneras. Con Rogelio Abad y Ana Giráldez he consultado y discutido muchos aspectos biológicos. Iñaki Franco me ha resuelto muchos problemas de software, sobre todo los relativos a cuestiones cartográficas. Josetxu Ortiz de Urbina, ha sido punto de referencia imprescindible en todo tipo de análisis estadístico y Natalio Cano, Dolores Cortés, Alberto García y Juan Pérez de Rubín me han aclarado muchos temas oceanográficos. Gracias también a Enrique Alot por haberme resuelto tantas dudas sobre ciertos programas.

A Ignacio Sobrino, de la Estación Oceanográfica de Cádiz, le debo la cesión de algunos programas de dinámica y explicaciones sobre los mismos. Además, le quiero agradecer su ayuda en éste último año por haberse cargado de más trabajo del que debía, pudiéndome liberar yo del mismo. Por la misma razón, gracias también al resto de mis compañeros del proyecto del Golfo de Cádiz.

Dolores Mayoral ha sido de gran ayuda en la etapa final de esta memoria, en la que la he inundado de papeles y separatas. No sé que habría sido del apartado bibliográfico de no ser por ella.

Por último, no puedo olvidarme de mi familia en especial de mis padres, Alfonso y Candela, y, Maru, mi mujer, que tanto aliento y confianza han depositado en mí. A Maru le debo también el haber sobrellevado siempre con buena cara, mis ausencias, de todo tipo, y mis cambios de ánimo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. <u>Objetivos</u>	4
1.2. <u>Descripción del área de estudio</u>	5
1.2.1. Hidrografía	6
1.2.2. Fisiografía	8
1.3. <u>El besugo: aspectos generales</u>	10
1.3.1. Diagnósis de la especie	13
1.4. <u>La pesca del besugo en la región surmediterránea</u>	15
1.4.1. La pesca artesanal en la región	15
1.4.1.1. <u>Flota artesanal</u>	19
1.4.1.2. <u>Tipos de artes</u>	23
1.4.2. La pesca de arrastre en la región	34
1.4.2.1. <u>Flota de arrastre</u>	36
1.4.2.2. <u>El arte de arrastre</u>	38
2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL BESUGO EN EL ÁREA	41
2.1. <u>Material y métodos</u>	42
2.2. <u>Resultados</u>	44
2.3. <u>Discusión</u>	47

3. CAPTURAS	50
3.1. <u>Material y métodos</u>.....	52
3.1.1. Flota artesanal.....	52
3.1.2. Flota de arrastre.....	54
3.2. <u>Resultados</u>.....	55
3.3. <u>Discusión</u>.....	57
 4. DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS DE TALLAS DE LAS CAPTURAS	 61
4.1. <u>Material y métodos</u>	61
4.2. <u>Resultados</u>	64
4.3. <u>Discusión</u>	69
 5. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DEL BESUGO.....	 73
5.1. <u>Proporción de sexos, hermafroditismo, talla de primera madurez y época de puesta</u>	73
5.1.1. Material y métodos	73
5.1.2. Resultados	79
5.1.2.1. <u>Sex-ratio, hermafroditismo e inversión sexual</u>	79
5.1.2.2. <u>Madurez sexual y época de puesta</u>	82
5.1.2.3. <u>Talla de primera madurez</u>	87
5.1.3. Discusión	92
5.2. <u>Fecundidad</u>	106
5.2.1. Material y métodos	109
5.2.2. Resultados	112

5.2.3. Discusión	115
6. CRECIMIENTO	120
6.1. <u>Relación talla-peso</u>	120
6.1.1. Material y métodos	120
6.1.2. Resultados	121
6.1.3. Discusión	124
6.2. <u>Talla y edad</u>	127
6.2.1. Introducción: el modelo de VON BERTALANFFY.....	127
6.2.2. Material y métodos	131
6.2.2.1. <u>Frecuencias de tallas</u>	131
6.2.2.2. <u>Lectura de otolitos</u>	134
6.2.3. Resultados	138
6.2.3.1. <u>Frecuencias de tallas</u>	138
6.2.3.2. <u>Resultados de la lectura de otolitos</u>	140
6.2.4. Discusión	143
7. MORTALIDAD NATURAL.....	152
7.1. <u>Material y métodos</u>	154
7.2. <u>Resultados y discusión</u>	157
8. DINÁMICA DE LA POBLACIÓN DEL BESUGO EN EL MAR DE ALBORÁN	160
8.1. <u>Introducción: los modelos analíticos</u>	160

8.2. <u>Material y métodos</u>	163
8.3. <u>Resultados de los análisis</u>	166
8.3.1. Resultados del APV y del rendimiento por recluta	166
8.3.2. Resultados del análisis de sensibilidad	179
8.3.3. Resultados del análisis de transición	182
8.4. <u>Discusión</u>	195
9. CONCLUSIONES	201
10. BIBLIOGRAFÍA	207

1. INTRODUCCIÓN.

Las fluctuaciones en la abundancia de las poblaciones de animales marinos, ya sean motivadas por causas naturales o inducidas de alguna manera por la actividad humana, han sido objeto de estudio desde mediados del siglo pasado. Puesto que la pesca es una de las más antiguas labores del hombre, como otras en la larga historia de la explotación de los recursos naturales, no es de extrañar que el estudio de la dinámica de las poblaciones de las especies objeto de dicha explotación sea también uno de los aspectos más antiguos y, a la vez, avanzados del estudio científico de estos recursos.

El problema de la variación en las capturas de los peces comienza a recibir atención por el mundo científico a finales del siglo XIX, tanto por el propio interés científico de las comunidades marinas, como por la aplicación de nuevos métodos de pesca más eficientes, y el interés de los gobiernos por determinar las causas de tales fluctuaciones.

En 1902 se estableció el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM, o mejor ICES, como es normalmente difundido en el acrónimo correspondiente en lengua inglesa), llegando a ser rápidamente el foro donde se dirigieron la mayoría de los problemas y las cuestiones que suscitaban las pesquerías.

Es precisamente en el seno del ICES donde empiezan a desarrollarse las primeras metodologías de estudio para el estudio de la dinámica de peces, incorporándose las nuevas informaciones que se preveían como necesarias para el desarrollo de los diferentes modelos, hasta llegar a los usados actualmente.

Sin embargo este foro realiza básicamente evaluaciones de las poblaciones de peces del Atlántico norte, existiendo una considerable diferencia entre éstas y las desarrolladas en el mar Mediterráneo en el que la cantidad y calidad de estas evaluaciones es mucho peor. Esto se produce fundamentalmente por la escasez de bases de datos, por la metodología

aplicable en cada situación (que en muchas ocasiones ignora aspectos como las influencias medioambientales) y por los esfuerzos invertidos para ello (OLIVER, 1994).

En el contexto de las pesquerías mediterráneas, claramente multiespecíficas y de carácter eminentemente artesanal, muchos de los postulados establecidos para las pesquerías del Atlántico norte no resultan suficientemente satisfactorios como para dar respuesta a las incógnitas que plantean tales pesquerías.

Desafortunadamente, no existen en la actualidad metodologías idóneas (o al menos ampliamente aceptadas) basadas en una visión mediterránea del problema, siendo utilizados los modelos clásicos para evaluar las poblaciones explotadas. Con el conocimiento, siempre presente, de las incertidumbres que estos modelos podrían generar en nuestro caso, nos propusimos estudiar la dinámica de la población del besugo en el mar de Alborán utilizando los modelos al uso. Dos razones nos han movido a ello, primero porque los métodos están lo suficientemente validados, y, segundo, porque podrían despejar algunas dudas o al menos plantear otras basadas en el desarrollo de los análisis. Además, no hemos querido caer en el argumento fácil de que son mucho más importantes en el estado de una población explotada otros aspectos que los puramente derivados de la explotación pesquera, y que es en gran parte responsable de la ausencia de estudios de este tipo en el Mediterráneo.

La elección de *Pagellus acarne* como especie objetivo de esta memoria vino motivada principalmente por dos causas. En primera instancia, por ser la especie de pez más importante de la región a nivel de capturas y sin embargo estar relativamente muy poco estudiada. Como complemento, la elección del besugo como tema de estudio, al ser una especie intensamente explotada por dos flotas diferentes (arrastre y artesanales) ofrecía además otro aspecto de interés: el del análisis de las interacciones entre ambas flotas y la respuesta de la población a cambios en el esquema de explotación de las mismas. Este último aspecto, de especial relevancia en las pesquerías mediterráneas, ha sido muy poco

estudiado y los análisis llevados a cabo en esta memoria son los primeros de tal naturaleza que se desarrollan en la región.

El segundo motivo está relacionado con los condicionantes del propio estudio dinámico, cuya aplicación está limitada a un stock independiente de otros stocks próximos. Un stock comprende una serie de unidades de stock, que se definirían como unidades reproductivas en el espacio y en el tiempo (PEREIRO, 1982). A nivel del uso de los análisis una unidad de stock debe comprender un grupo apropiado de peces de manera que puedan ser tratados de manera homogénea e independiente, es decir que las posibles diferencias dentro del grupo y los intercambios con otros grupos puedan ser ignorados, sin que ello haga que las conclusiones alcanzadas sean invalidadas (GULLAND, 1991).

Para la determinación de la unidad de stock son utilizadas diversas técnicas, que incluyen el estudio de la distribución espacial de los peces y sus áreas de puesta, las diferencias en parámetros poblacionales (crecimiento, mortalidad, etc.) o en características morfológicas o fisiológicas.

En el caso del besugo del sector norte del mar de Alborán son varias las razones que apuntan a que se trata de un stock lo suficientemente homogéneo como para realizar análisis de dinámica. Son varias las barreras de tipo geográfico (estrecho de Gibraltar), hidrográfico (corrientes, frente Almería-Orán) o fisiográfico (grandes profundidades entre los sectores norte y sur) que aíslan a la población. Además, los registros de captura a lo largo del Mediterráneo español muestran un acusado descenso con relación al resto de las regiones marítimas, excepto quizás en las aguas del litoral catalán que está suficientemente alejado de la zona estudiada, lo que parece confirmar al menos que el grueso de la población se concentra en el litoral de Alborán. Este descenso se ve corroborado en las abundancias relativas registradas en recientes campañas de investigación, que muestran también un acusado descenso en latitudes superiores al cabo de Gata (BERTRAND, 1994).

En base a estas razones se puede pensar que la tasa de intercambio con otras poblaciones sea mínima, por lo que se asegura la homogeneidad necesaria del stock. Sin embargo éste es un aspecto sobre el que se deberá profundizar en el futuro, ya que no está completamente descartado que puedan existir intercambios con poblaciones del sector sur de Alborán en las proximidades del estrecho, dada la cercanía de ambos sectores. Por otro lado, puede también existir algún tipo de transporte pasivo en forma de huevos y larvas desde el Golfo de Cádiz, donde la especie también es abundante, parecido al que presentan algunas especies de pequeños peces pelágicos (RUBÍN et al. 1992).

1.1 Objetivos

En la presente memoria hemos pretendido formarnos una visión general de la dinámica de la población del besugo en el área, como herramienta que ayude a establecer una mejor gestión del recurso en el área. Para ello, es necesario conocer muchos aspectos de la biología de la especie, en particular, aquellos que ofrecen resultados de uso directo en los análisis de dinámica utilizados. En función de estos aspectos nos propusimos los siguientes objetivos:

- Como punto de partida, era necesario conocer el esquema de explotación de la especie en la zona: flotas y artes que ejercen la pesca, volumen de sus capturas y composición en tallas de las mismas.
- Describir la distribución espacial del recurso en la zona, como aspecto complementario al conocimiento del esquema de explotación.
- Estudiar aquellos aspectos de la biología de la especie, útiles para el desarrollo de los análisis de dinámica de población: reproducción, crecimiento relativo en peso, relaciones edad-talla y mortalidades.
- Realizar ensayos de análisis de dinámica de la población, para obtener un conocimiento del estado del stock y sus respuestas a cambios en el esquema de

explotación, con especial atención a la interacción entre las dos flotas que explotan el recurso.

La organización de la presente memoria es muy dependiente de las necesidades de los análisis de dinámica de poblaciones que se realizan. Así, en los primeros capítulos se describen las pesquerías del besugo en el área, haciendo especial referencia a las capturas y las distribuciones de frecuencias de tallas de las mismas, a continuación se estudian aquellos aspectos biológicos de los que se extraen los parámetros de entrada necesarios para la aplicación de los modelos y por último se presentan los análisis correspondientes.

Muchos de los aspectos estudiados son muy diferentes entre sí, en el sentido de que las metodologías e incluso el material empleado lo son, por lo que hemos preferido incluir por separado estos apartados en cada uno de los capítulos, presentándose los resultados y la discusión de los mismos también desglosados, tratando de facilitar de esta manera el mejor seguimiento de cada capítulo.

1.2. Descripción del área de estudio.

El área de estudio corresponde al sector septentrional del mar de Alborán (figura 1.1), estando delimitada al oeste por Punta Europa ($36^{\circ}01'N$ $05^{\circ}20'W$) y al este por el Cabo de Gata ($36^{\circ}42'N$ $2^{\circ}10'W$).

Por la latitud que ocupa el mar de Alborán está influenciado por las masas de aire de origen subtropical. La presencia del estrecho de Gibraltar y de los flancos montañosos hacen un efecto de embudo que marcan el régimen de vientos en la zona, predominando los de componente E y SE. Éstos últimos, junto a los de componente SO son los causantes de la presencia de borrascas que cruzan desde el Golfo de Cádiz, que producen temporales de lluvias en la zona.

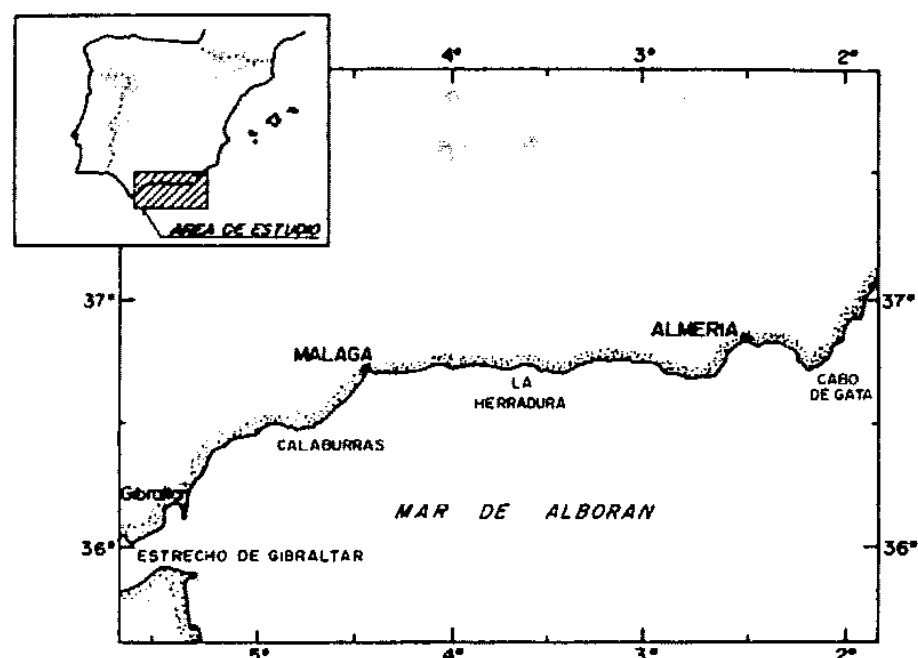


Figura 1.1. Localización geográfica del área de estudio.

1.2.1. Hidrografía.

La existencia del estrecho de Gibraltar como canal de comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo, marca la dinámica hidrográfica general del mar de Alborán. La diferencia del nivel del mar a ambos lados del estrecho origina la entrada de agua atlántica al Mediterráneo occidental. Esta entrada está formada por dos masas de agua diferentes: el Agua Superficial Atlántica (ASA) y el Agua Central Atlántica (ACA), que se mezclan parcialmente en el estrecho. Este agua contiene unos 36 gramos de sales por litro, siendo considerablemente menos salada que la del Mediterráneo. En invierno el agua atlántica se enfría, aumenta de densidad y se hunde en profundidad donde adquiere las características del agua mediterránea (temperatura de 13.5 ° C y salinidad de 38.4 ‰), saliendo por el estrecho de Gibraltar. La circulación a través del estrecho permite compensar las pérdidas producidas por la intensa evaporación. La existencia de flujos de entrada y salida hace

que se forme una zona de mezcla, de espesor variable, intermedia entre ambas capas (CANO, 1978).

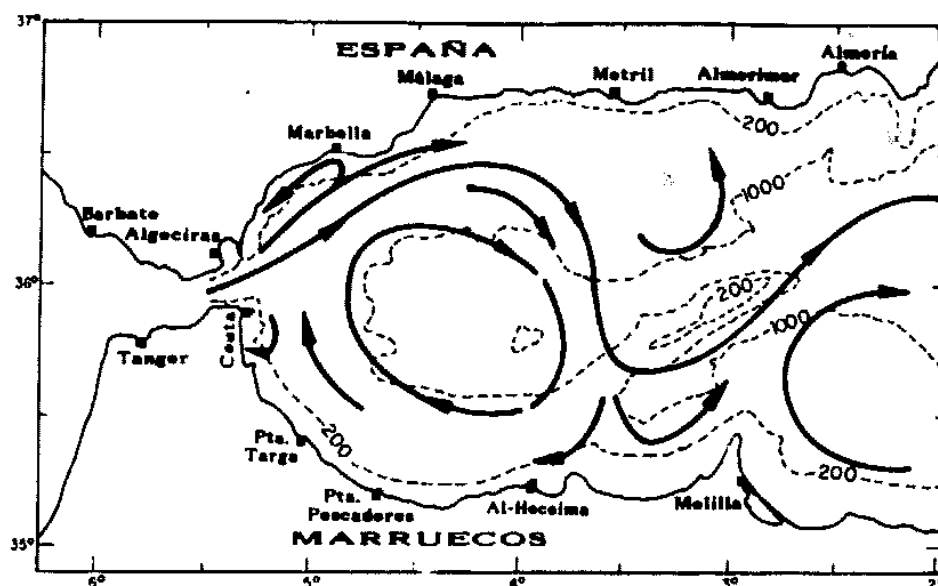


Figura 1.2. Representación esquemática de las corrientes superficiales Según RUBÍN (1996).

La corriente de agua atlántica entrante sigue la dirección E-NE, virando sobre los $3^{\circ}30'W$ al sur y bifurcándose por debajo del paralelo $36^{\circ} N$ en dos ramas: una, la principal, que continúa hacia el este y otra que gira de nuevo hacia el oeste, formando un giro anticiclónico permanente (figura 1.2). En el borde septentrional de este giro y cercano a la costa es notable la influencia mediterránea por la existencia de remolinos ciclónicos que hacen aflorar agua profunda mediterránea. Estos remolinos ciclónicos, que pueden incrementarse dependiendo de la época del año, son lugares idóneos para la existencia de afloramientos (*upwellings*) de aguas profundas (CANO, 1977, 1978; GIL, 1985), más densas y ricas en nutrientes que al ascender hasta la zona fótica fertilizan las capas superficiales (figura 1.3).

La zona comprendida entre el estrecho y punta Calaburras está sometida a una gran influencia de la corriente atlántica entrante (ARÉVALO y GARCÍA, 1983),

produciéndose un afloramiento casi permanente. En la zona más al este de punta Calaburras, que está más a resguardo de dicha corriente, el afloramiento sólo ocurre durante los regímenes de poniente (CANO y GARCÍA LAFUENTE, 1991), que dominan en otoño e invierno en el área.

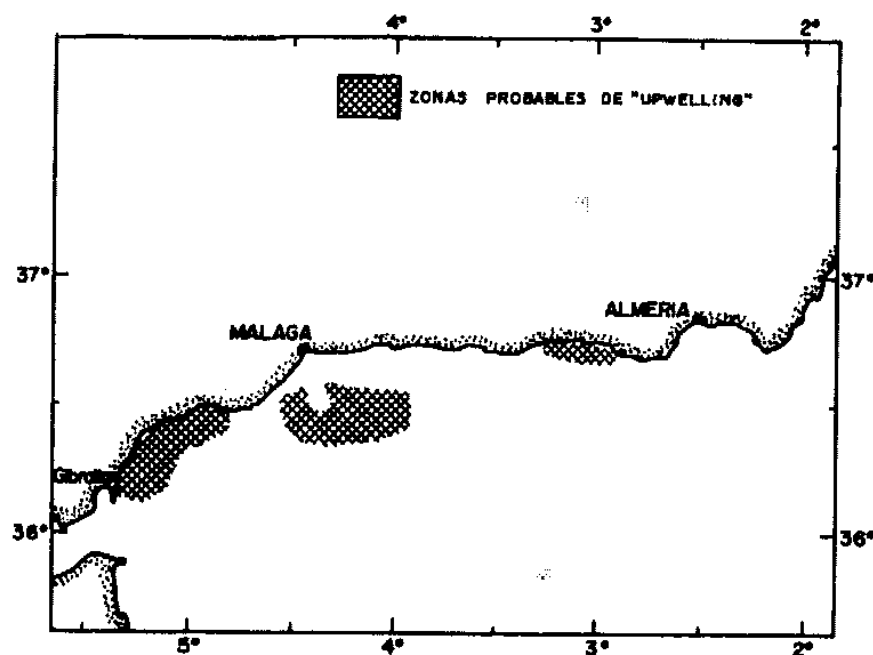


Figura 1.3. Zonas probables de afloramientos (*upwellings*). Según CANO (1978).

1.2.2. Fisiografía.

La costa norte del mar de Alborán está formada por las estribaciones de las cordilleras Béticas que, prolongándose bajo el mar, generan una plataforma continental caracterizada por su poca amplitud (la anchura oscila entre 2 y 10 km), con fondos rocosos y surcada en el talud de numerosos cañones submarinos de longitud generalmente inferior a 10 km (HERNÁNDEZ MOLINA, 1993).

A nivel de cuenca podemos distinguir dos zonas separadas por el umbral de Alborán (situado en dirección NE-SW), del que la isla del mismo nombre es un afloramiento en

superficie. La zona occidental la constituye una subcuenca con profundidades máximas cercanas a los 1500 m, mientras que en el subsector oriental se alcanzan los 2000 m.

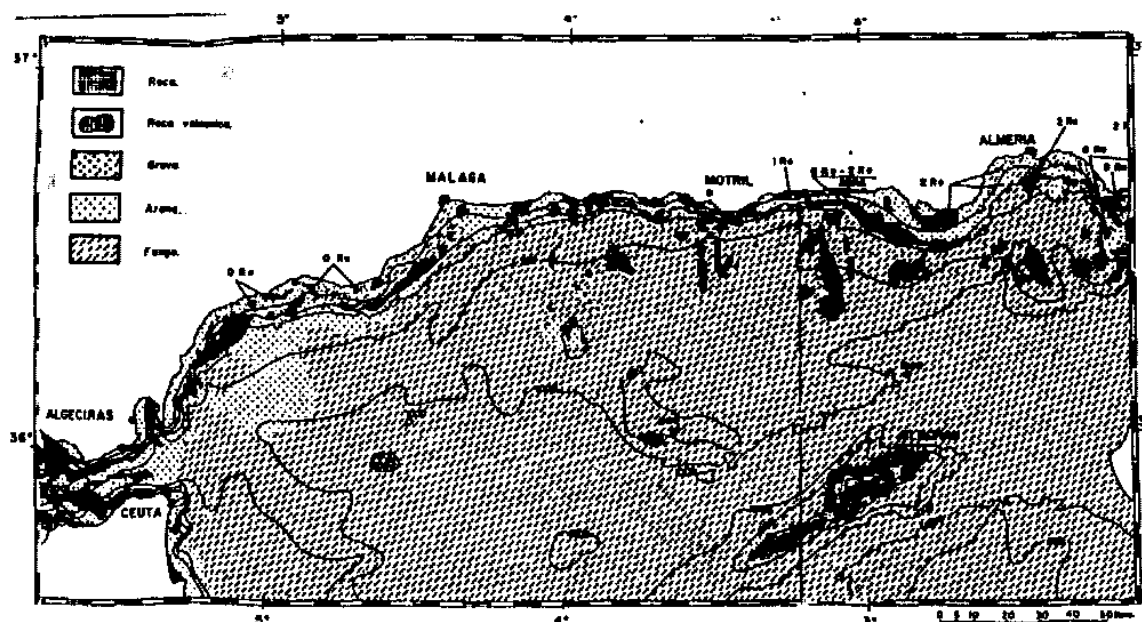


Figura 1.4. Sedimentos superficiales del mar de Alborán. Modificado de REY y MEDIALDEA (1989)

La cobertera sedimentaria está poco desarrollada, debido fundamentalmente a que el aporte de terrígenos es pobre e irregular por el carácter torrencial de los ríos y ramblas que desembocan en el área.

A lo largo de la plataforma se alterna el predominio de las arenas y los fangos, ocupando las primeras, generalmente de calibres finos, las áreas interna y media de la plataforma. (REY y MEDIALDEA, 1989). El tramo de plataforma de la provincia de Almería puede considerarse diferente, con una sedimentación de tipo mixto terrígeno-carbonatada, correspondiente al modelo tropical o de clima cálido, estando provista de una débil cobertera de sedimentos groseros (gravas y arenas gruesas), excepto en el golfo de Almería donde se desarrolla una importante acumulación de fangos (ZAMARREÑO et al., 1983) (figura 1.4).

1.3. El besugo: generalidades.

En España, *Pagellus acarne*, recibe diversas denominaciones según las zonas, siendo la oficial la de "aligote". Sin embargo en todo el litoral andaluz es conocida con el nombre de besugo, denominación que será la utilizada a lo largo de la presente memoria.

Según la clasificación de los peces dada por NELSON (1994) el besugo ocupa la siguiente posición sistemática:

Superclase Gnathostomata
Clase Actinopterygii
Subclase Neopterygii
Division Teleostei
Subdivisión Euteleostei
Superorden Acanthopterygii
Orden Perciformes
Familia Sparidae
Género *Pagellus* Valenciennes, 1830
Especie *Pagellus acarne* (Risso, 1826)

Las especies de la familia *Sparidae* son peces marinos (muy raramente de aguas salobres o dulces), de latitudes templadas o tropicales. Los individuos jóvenes y las especies de pequeña talla viven generalmente en aguas costeras y suelen ser gregarios, mientras que los adultos se encuentran en aguas más profundas sobre la plataforma continental y el borde del talud.

Se caracterizan por tener el cuerpo fusiforme u oval, más o menos elevado y comprimido, con una sola línea lateral bien desarrollada y continua hasta la base de la aleta caudal. Las escamas son cicloideas o débilmente ctenoideas.

La cabeza es robusta con el perfil superior convexo. El hocico y la zona suborbital está desprovista de escamas, mientras que las mejillas están cubiertas y el preopérculo, que en ocasiones puede tener escamas, no posee espinas ni está serrado en el margen

La boca, que es pequeña y ligeramente protráctil, está situada en un plano horizontal u oblicuo; la mandíbula superior no supera en ningún caso el nivel del centro del ojo. El maxilar está cubierto por la extremidad posterior del premaxilar y cubierto por el suborbitario cuando la boca está cerrada. Los dientes están bien desarrollados, diferenciándose frontalmente en cónicos (caniniformes) o aplastados (incisiviformes) y lateralmente aplanados y redondeados (molariformes). No presentan dientes palatinos.

Poseen una sola aleta dorsal con 10 a 15 radios duros (actinotricos) y 9 a 17 radios blandos (lepidotricos), sin separación o hendidura entre las partes espinosas y blandas. Las dos primeras espinas son generalmente muy cortas y las dos o tres siguientes en ocasiones son muy alargadas y filamentosas. Las últimas espinas y los primeros radios blandos son aproximadamente de la misma longitud. Las aletas pectorales son alargadas y puntiagudas. Las aletas pélvicas, insertadas por debajo o justo por detrás de la base de las pectorales, poseen una espina y cinco radios blandos, alojándose en su base una escama humeral. La aleta anal cuenta con 3 espinas y de 7 a 16 radios blandos. La aleta caudal es más o menos escotada.

La coloración es muy variable entre las diferentes especies: rosados, rojos, grises, más o menos vivos, con reflejos plateados y en ocasiones manchas, líneas o bandas sombreadas tanto transversales como longitudinales.

Muchas especies son hermafroditas, ocurriendo tanto de tipo protogínico como protándrico.

La mayoría son especies de gran interés comercial y de valor elevado, aunque su importancia pesquera en el Mediterráneo es más debida al elevado número de especies que se pueden capturar que a la abundancia particular de una de ellas.

Los espáridos están estrechamente relacionados con los centracántidos, letrínidos y nemiptéridos, pudiendo formar estas cuatro familias una unidad monofilética (NELSON, 1994).

De los 29 géneros y casi 100 especies existentes (NELSON, op. cit.), en el Mediterráneo pueden encontrarse 11 géneros al que pertenecen las siguientes 23 especies (FISCHER et al, 1987):

Boops boops (Linneo, 1758)

Crenidens crenidens Forskal, 1775

Dentex dentex (Linneo, 1758)

Dentex gibbosus (Rafinesque, 1810)

Dentex macrophtalmus (Bloch, 1791)

Dentex maroccanus Valenciennes, 1830

Diplodus annularis (Linneo, 1758)

Diplodus cervinus cervinus (Lowe, 1838)

Diplodus puntazzo (Cetti, 1777)

Diplodus sargus sargus (Linneo, 1758)

Diplodus vulgaris (E. Geoffroy St.-Hilaire, 1817)

Lithognathus mormyrus (Linneo, 1758)

Oblada melanura (Linne, 1758)

Pagellus acarne (Risso, 1826)

Pagellus bellottii bellottii Steindachner, 1882

Pagellus bogaraveo (Brünich, 1768)

Pagellus erythrinus (Linneo, 1758)

Pagrus auriga (Valenciennes, 1843)

Pagrus caeruleostictus (Valenciennes, 1830)

Pagrus pagrus pagrus (Linneo, 1758)

Sarpa salpa (Linneo, 1758)

Sparus aurata Linneo, 1758

Spondyllosoma cantharus (Linneo, 1758)

Pagellus acarne es una especie subtropical, mediterráneo-lusitánica, que se distribuye por todo el Mediterráneo (MAURIN, 1968), aunque es menos frecuente en el Adriático y el

mediterráneo oriental, estando ausente del Mar Negro (FISCHER et al., 1987) Es común en el océano Atlántico, desde el Golfo de Vizcaya a Cabo Blanco (DOMANEVSKAYA, 1982), incluyendo su área de distribución la Islas de Madeira, Canarias y Cabo Verde. Se hace muy raro hacia el norte de las Islas Británicas, aunque ha sido también registrado en aguas de Dinamarca (WHITEHEAD et al., 1986) (figura 1.5).

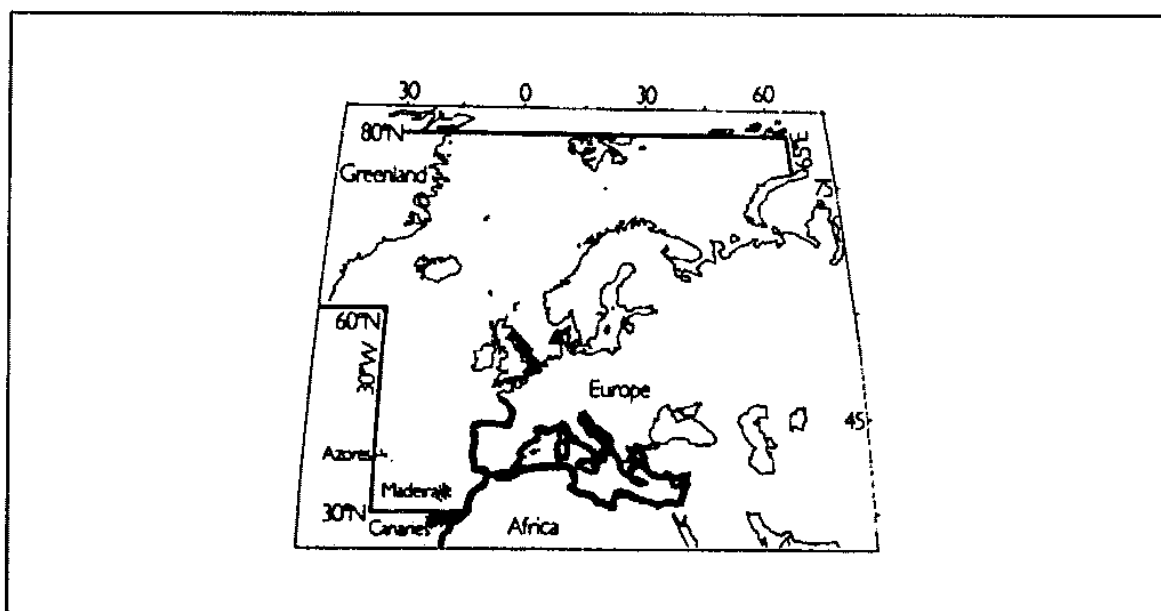


Figura 1.5. Área de distribución de *Pagellus acarne* (WHITEHEAD et al., 1986).

1.3.1. Diagnósis de la especie.

El cuerpo es fusiforme y moderadamente comprimido. El perfil de la cabeza está deprimido sobre los ojos y el hocico es cónico. El espacio interorbitario es aplastado y el diámetro del ojo es más pequeño que la longitud del hocico (figura 1.6).

La escamación occipital se extiende justo hasta el nivel posterior del diámetro vertical del ojo. El preopérculo está desprovisto de escamas. De 65 a 72 escamas en la línea lateral.

La posición de la boca es subhorizontal, con labios consistentes. En ambas mandíbulas existen dientes, siendo puntiagudos los delanteros, formando como un cardador, y

molariformes los traseros. Los dientes puntiagudos de la hilera externa son un poco más grandes y fuertes.

Sobre el primer arco branquial presenta de 13 a 16 branquispinas inferiores y de 9 a 12 superiores. La aleta dorsal presenta 12 ó 13 radios duros y de 10 a 12 radios blandos. La aleta anal con tres radios duros, de los que el tercero es notablemente más fuerte que los precedentes, y 9 ó 10 blandos.

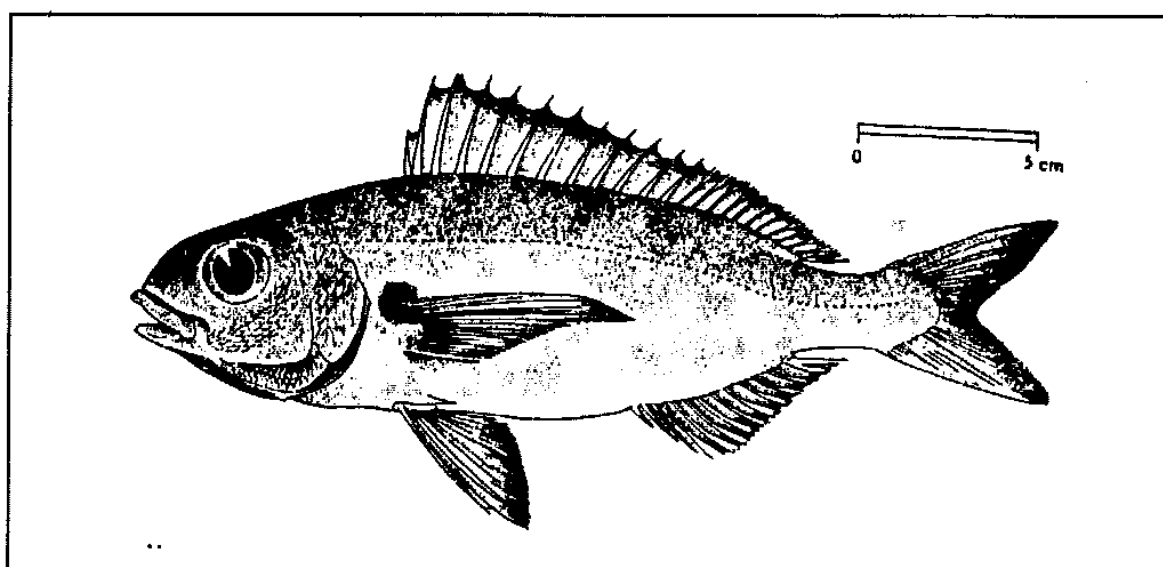


Figura 1.6. Besugo [*Pagellus acarne* (Linneo, 1758)].

La coloración del cuerpo es gris-rosada, más acentuada dorsalmente, siendo el vientre más claro y la cabeza más oscura que el resto, particularmente entre los ojos. Presenta una mancha oscura, casi negra, en la base de las aletas pectorales que supera el nivel superior de la misma. El interior de la boca es anaranjado.

Es un pez de carácter demersal que vive en varios tipos de fondos, pero principalmente en los de tipo arenoso y fangoso, pudiéndose encontrar los individuos juveniles en praderas de *Posidonia*. Ha sido registrado hasta los 420 m de profundidad en el Mediterráneo y hasta 500 m en el Atlántico. Es omnívoro, pero con predominancia carnívora (gusanos, moluscos, pequeños crustáceos y larvas de peces).

1.4. La pesca del besugo en la región surmediterránea.

1.4.1. La pesca artesanal en la región.

En el contexto de la pesca en Andalucía (así como en todo el territorio nacional), la pesca artesanal ha tenido y tiene una importancia primordial, si bien su relevancia no viene dada tanto por los volúmenes de capturas que puede efectuar como por los factores derivados de sus características socioeconómicas.

El primer rasgo destacable es su carácter eminentemente familiar, tanto en lo referente a la propiedad de las embarcaciones (el armador es el mismo patrón) como la configuración de las tripulaciones. Los pescadores, generalmente, se han dedicado desde muy jóvenes a esta actividad sin ninguna preparación previa (el nivel cultural suele ser bajo o muy bajo), salvo aquella que es fruto de la experiencia diaria. Los conocimientos al igual que los medios de producción son transmitidos de padres a hijos.

Por otro lado, la pesca artesanal se ha convertido en numerosas ocasiones en una actividad sustitutoria o complementaria del empleo en tierra, incrementándose en épocas en las que la demanda de empleo es menor.

A pesar de que los pescadores conviven tradicionalmente en barrios comunes y mantienen estrechas relaciones, son numerosos los conflictos que se producen entre artes o entre pescadores de la misma zona o zonas adyacentes. En muchas ocasiones siguen rigiéndose por costumbres locales, siendo raros los convenios de mutuo acuerdo entre ellos y con la Administración (autónoma o nacional) que regulen la explotación de las especies.

Un rasgo muy característico es el tipo de comercialización de las capturas, que en numerosas ocasiones se realiza directamente en las playas o puntos de desembarco, sin pasar por las lonjas. Otras veces, principalmente en verano, el producto de la pesca es vendido de forma directa a restaurantes con los que se tienen convenios particulares.

El número de personas que pueden estar dedicadas a la actividad artesanal ha sido y seguirá siendo una gran incógnita, ya que una parte de los pescadores actúan al margen de las normativas reguladoras de la actividad pesquera, no figurando como tales profesionales en ningún organismo oficial. Sin embargo el importante número de embarcaciones, registradas o no, dedicadas a estas pesquerías, hace sospechar que el volumen de personas que dependen directa o indirectamente de estas modalidades sea bastante grande, probablemente mucho más que lo que sugieren los datos ofrecidos en las informaciones oficiales, a pesar incluso de los esfuerzos de las distintas Administraciones para su control.

Si bien en el litoral surmediterráneo español (entre Pta. Europa y el Cabo de Gata), la pesca artesanal tiene gran importancia, los estudios realizados sobre la misma han sido relativamente escasos.

En 1986 en el Centro Oceanográfico de Málaga del Instituto Español de Oceanografía (IEO), comenzó el proyecto "Las pesquerías locales de la región surmediterránea española", cofinanciado por el propio IEO y la Dirección General de Pesca de la Comisión de la Unión Europea. Este proyecto continuó en tres partes hasta 1990 (CAMIÑAS et. al., 1987, 1989 y 1990). y del que deriva buena parte del material de esta memoria.

Hasta ese momento, solo son reseñables algunas obras referentes al estudio de las artes de pesca como las de SAÑEZ REGUART, (1791) y RODRIGUEZ SANTAMARIA (1923), que recogen artes y costumbres del Litoral surmediterráneo, así como algunas obras de carácter más local (BELLON, 1950; GARCIA et. al., 1981; REINA, 1985).

Al hablar de pesca artesanal son muchas las definiciones que podemos encontrar atendiendo a diversas características, tal y como se puso de manifiesto en la "consulta técnica sobre métodos de evaluación de las pesquerías artesanales en el Mediterráneo

occidental" (CHARBONNIER y CADDY, 1986), por lo que es posible incluir muy diferentes tipos de artes y embarcaciones.

El Catálogo de Artes de Pesca Artesanal de FAO, (NEDELEC, 1975), incluye bajo esta denominación a embarcaciones con una eslora inferior a 15 m. y una potencia motriz máxima de 150 caballos de vapor (CV). FARRUGIO y LE CORRE (1984), en su estudio sobre la pesquería artesanal de Languedoc-Rousillon caracterizan la flota artesanal por exclusión, es decir indicando que parte de la flota no es artesanal. También FARRUGIO (1991), refiriéndose al término artesanal en un sentido global para el Mediterráneo, dice que se aplica a toda empresa pesquera de pequeño capital, por oposición a la "gran pesca" o "pesca industrial" que supone fuertes inversiones efectuadas por sociedades o grupos financieros. Por otro lado, también podemos considerar todas las pesquerías mediterráneas como artesanales (CAMIÑAS y BARO, 1992).

El criterio oficial que se sigue en España, considera como artesanal aquella flota cuyo TRB (Toneladas de Registro Bruto) es inferior a 20-25 toneladas, aunque el concepto ha variado y en ocasiones se refiere a los metros de eslora de las embarcaciones (menores de 9 m).

CAMIÑAS et al. (1987) refiriéndose a las pesquerías artesanales de la región surmediterránea española definen la pesquería artesanal en función de sus características técnicas y socioeconómicas de la siguiente manera:

- Características técnicas:

- Registro bruto inferior a 10 TRB.
- Escasa potencia de motor, inferior a 100 CV, predominando los barcos con menos de 50 CV. Gran número de embarcaciones con motor fuera borda.
- Reducido tamaño de las embarcaciones con una eslora inferior a 8 m.

- Escaso o nulo equipamiento técnico.
 - Escasa autonomía, con salida y entrada a puerto diaria.
 - Artes confeccionadas por los propios pescadores en la mayoría de los casos.
 - La actividad pesquera es plural en cuanto al número de artes empleados. El cambio de arte es un proceso adaptativo a la presencia de determinadas especies en el área de trabajo y a factores condicionales de tipo administrativo (vedas temporales, áreas de pesca permitidas, etc.).
 - El pescador posee un profundo conocimiento de las especies objetivo y de su comportamiento, sirviéndole para realizar los cambios temporales de artes y de caladeros.
- Características socioeconómicas:
- La propiedad de la embarcación y la estructura de la empresa son de tipo familiar.
 - El número de tripulantes por embarcación es muy reducido (entre 1 y 5).
 - Pese a existir un armador-patrón, no suele haber jerarquización en el desarrollo del trabajo en el mar.
 - La venta se realiza tanto en las lonjas de pescado, como directamente en playas o puertos o a través de pescaderías familiares o concertadas.
 - La pesca es desarrollada por profesionales o semiprofesionales, estén o no dados de alta como tal, como única actividad o como actividad complementaria a otros trabajos temporales desarrollados en tierra.

Estas características recogen a la totalidad de la flota que desarrolla pesca artesanal en la región, y casi a la del todo mediterráneo español, de manera que se podría incluir una nueva definición por exclusión mucho más fácilmente interpretable, de rápida catalogación y que engloba a la inmensa mayoría de la flota de la región: la pesca artesanal es aquella desarrollada por todo tipo de flota y con todo tipo de artes y aparejos, exceptuando a las flotas de arrastre y de cerco.

1.4.1.1. Flota artesanal.

En la región puede encontrarse una amplia gama de embarcaciones de distintas formas y dimensiones, dependiendo las mismas de factores tan heterogéneos como profundidad de las playas, pesquería a desarrollar, nivel económico del pescador, constructor o tradición local.

Básicamente son cuatro los tipos de embarcaciones que podemos encontrar (CAMIÑAS et al., 1987), alguna de las cuales prácticamente no es ya utilizada en la región (figuras 1.7 y 1.8):

- **Jábega:** se trata, junto al bote sardinal, del tipo de embarcación más antigua y actualmente no es utilizada con fines pesqueros, aunque ha sido por excelencia la embarcación artesanal tradicional, al menos en el litoral malagueño. En síntesis se trata de una barca que carece de cubierta, con una eslora entre 7 y 9 m y una manga de 2 a 2.5 m, estando armada de 7 a 9 remos. La proa se prolonga en un pico o "botalón" en el que se solía esculpir la cabeza de una serpiente. No lleva motor y su utilización se limitaba a la pesca con el arte de tiro denominado jábega o media jábega.
- **Botes:** embarcaciones de pantoque curvo y popa plana o redondeada. Generalmente no tienen cubierta aunque algunos poseen una pequeña bodega

(mamparo), tanto a proa como a popa, para guardar diversos útiles de pesca. Presentan una eslora entre 5 y 7 m y una manga entre 2 y 2.5 m. Su TRB oscila entre 1 y 1.5 m. Generalmente están contruidos en madera, aunque en el extremo oriental de la región también es posible encontrarlos hechos de fibra.

- Chalanas o pateras: Son las embarcaciones artesanales más frecuentes en la región. Son de pantoque recto (plano) siendo sustituida la quilla por un carenote, razón por la cual pueden sacarse y meterse en el mar desde las playas con un menor esfuerzo. Su construcción no presenta grandes dificultades, por lo que en ocasiones son los propios pescadores quienes las construyen aumentando por este motivo la variedad de formas existentes. Tienen de 4 a 7 m de eslora y entre 1.5 y 2 m de manga. Su TRB raramente es superior a 1. La popa es siempre recta, lo que facilita la fijación del motor fuera borda. La potencia de los motores varía entre 5 y 50 CV, dependiendo del tipo de pesquería, aunque algunas son desplazadas exclusivamente a remo. No poseen cubierta, aunque algunas pueden poseer pequeñas bodegas.
- Motoras: bajo esta denominación se agrupan todas las embarcaciones que presentan motor intraborda, cubierta, bodega y en muchas ocasiones una cabina que sirve de puente de mando. Presentan entre 6 y 8 m de eslora y de 2 a 3 m de manga. Su TRB siempre es superior a dos toneladas y la potencia del motor alcanza en ocasiones los 90 CV. Este tipo de embarcaciones son las mejor equipadas técnicamente.

La flota activa que opera en la región es muy numerosa, estimándose su número en 1021 embarcaciones en el año 1990 (CAMIÑAS et al, 1990), de las que 670 unidades tenían actividad diaria, 141 de tipo estacional y sólo 210 actuaban ocasionalmente. Estos datos argumentan suficientemente la gran incidencia que en las pesquerías de la región tiene el sector artesanal, siendo un elemento clave para comprender la dinámica de la explotación pesquera en el área.

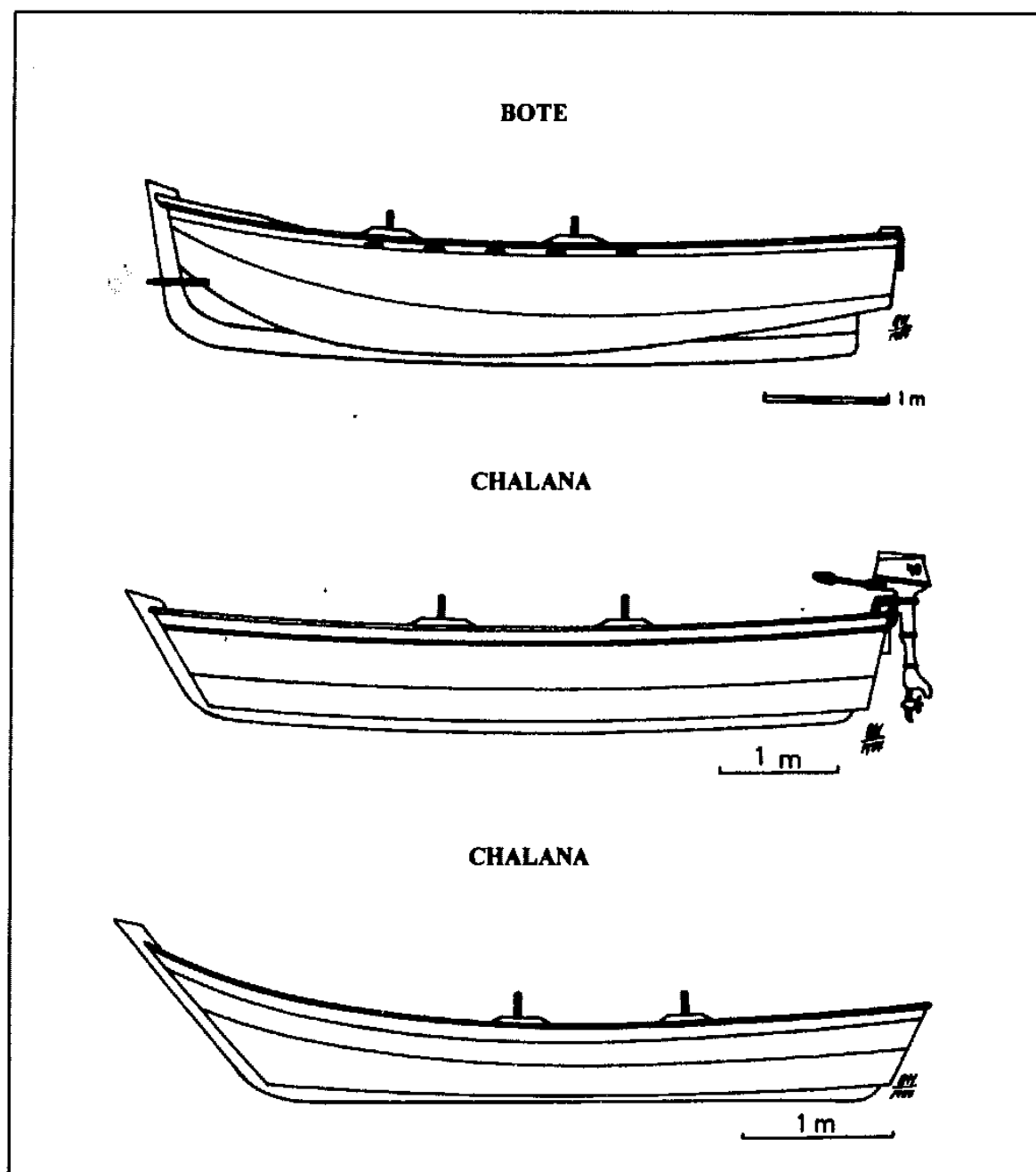


Figura 1.7. Diversos tipos de embarcaciones artesanales empleadas para la pesca en el Mar de Alborán (según CAMIÑAS et al., 1987).

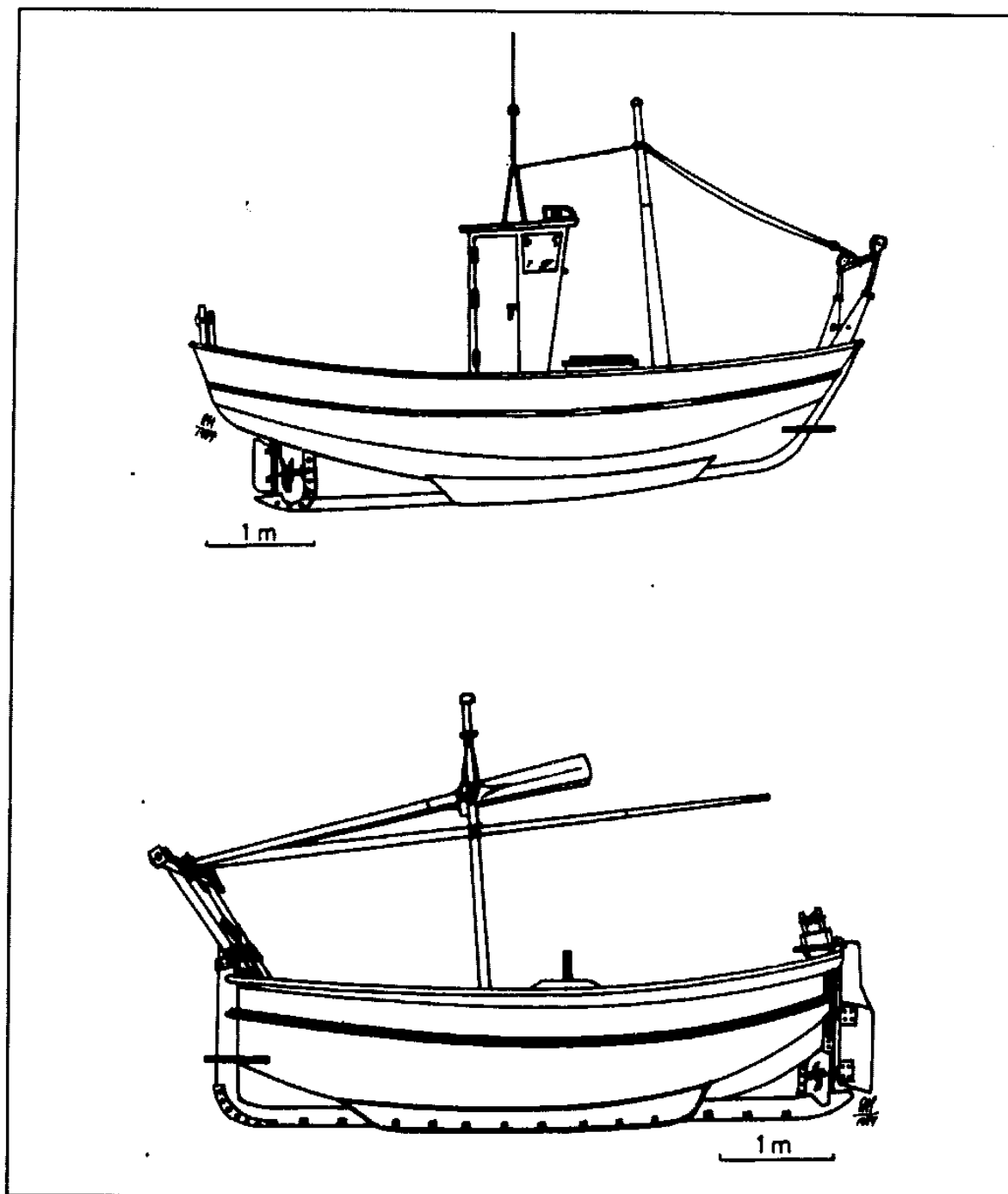


Figura 1.8. Diversos tipos de motoras empleados para la pesca artesanal en el Mar de Alborán (según CAMIÑAS et al., 1987).

1.4.1.2. Tipos de artes.

Existe una gran diversidad de artes y aparejos de carácter artesanal en la región estudiada, que pueden ser agrupados según la metodología al uso en los siguientes tipos: arrastres, redes de cerco (de tiro), rastros, redes izadas, redes de enmalle, trampas y líneas (anzuelos). Dentro de estos tipos pueden distinguirse muchas variedades, que responden a diferencias en los materiales empleados, las dimensiones o la propia estructura de los artes. En la región fueron identificadas hasta 45 variedades diferentes de artes o aparejos normalmente utilizados (tabla 1.1).

A continuación se describirán exclusivamente aquellos artes y aparejos y sus variedades que son utilizados principalmente en la captura del besugo.

a) Redes de cerco (de tiro).

Son artes que se calan desde una embarcación, recogiendo bien desde la playa o desde la propia embarcación. Son artes de red que cercando un banco de peces y maniobrando con él apropiadamente lo van acumulando hacia una zona concreta de la red o un saco o copo final de malla muy pequeña (generalmente ciega) en la que son apresados. El más empleado para la captura de besugos, aunque no de manera selectiva puesto que el arte no lo es, es el boliche (figura 1.7). Éste está formado por entre seis y doce piezas de red de tamaños y luz de malla diferentes, que convenientemente armados simulan la estructura de un pequeño arte de arrastre en el que es posible distinguir dos partes básicas: las bandas y el copo. Las bandas, así como la boca del copo, se arman sobre sendas relingas, una superior que porta flotadores y otra inferior lastrada con plomos, y cuya acción divergente hace que las bandas se mantengan en posición vertical sobre el fondo y que la boca del copo permanezca completamente abierta. Las dimensiones de este arte son muy variadas dependiendo de las zonas, oscilando la longitud del copo entre 7 y 12 m y las bandas entre 30 y 40 m.

La forma de calado es muy simple: se mantiene en tierra un extremo de uno de los cabos, que va unido a una de las bandas, mientras que la embarcación que transporta el arte se adentra en el mar hasta la longitud máxima del cabo. A continuación se larga poco a poco la banda correspondiente hasta encontrar el copo. En este momento la embarcación efectúa un movimiento de giro retornando posteriormente a tierra y largando al mismo tiempo la otra banda y el cabo correspondiente. El giro siempre se produce en sentido contrario al de la corriente, para de este modo mantener lo más estirada la banda largada y más abierta la boca del copo. Una vez llegados a tierra se van cobrando a mano los cabos de ambas bandas lenta pero continuamente, mientras que al mismo tiempo se van aproximando éstos progresivamente, y por consiguiente las bandas del arte, hasta juntarlos de manera que coincida con el momento en que la boca del copo se encuentre ya muy cercana a tierra. Posteriormente el copo es sacado a tierra para cobrar la captura.

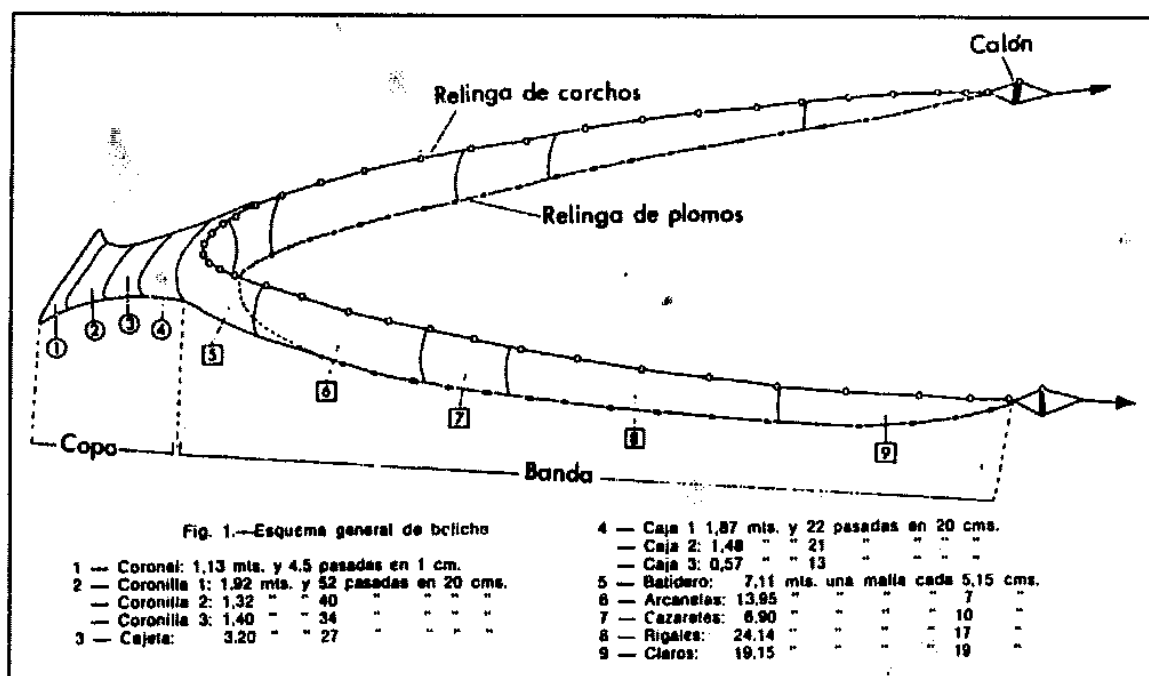


Figura 1.9. Boliche (red de tiro desde playa). Según GARCÍA et al. (1981).

b) Redes de enmalle

Bajo esta categoría se reúnen una serie de artes de pesca que siendo en ocasiones muy poco parecidas, tienen todas en común el que apresan a la especie objetivo enredándola o enmallándola en la red que las forman. Se calan verticalmente, tanto en el fondo como en superficie, formando una pared más o menos invisible en la que las presas tropiezan y quedan capturadas.

Básicamente están formadas por dos partes principales: las piezas de red y las relingas. La pieza de red es la unidad básica de un arte de enmalle, dependiendo la longitud total de una red de este tipo del número de piezas que se unan. Una pieza está formada por un paño o paños (caso de los trasmallos) de red, que son un conjunto de mallas cuadradas de iguales dimensiones, tejidas del mismo hilo. Los hilos empleados en la confección de un paño pueden ser de dos tipos: monofilamento de poliamida o multifilamento de poliamida o polipropileno. La longitud estándar de una pieza, antes del armado, es de 100 m y su altura es variable en función de la especie objetivo.

La luz de malla viene dada por la longitud máxima de una malla estirada, medida entre vértices opuestos en el sentido de calado del arte. En el argot marineró la unidad de medida utilizada es la "pasada", siendo ésta el número de lados de mallas que caben en 20 cm. Así, por ejemplo, una red de 5 pasadas tendrá una longitud de 4 cm de lado de malla.

La pieza de red se arma sobre dos relingas o trallas, una superior que lleva los corchos o flotadores y otra inferior que lleva los plomos o lastre. La acción contrapuesta de los flotadores y el lastre permiten que el arte se mantenga estirado en posición vertical.

Introducción

GRUPO	TIPO	ARTE	VARIEDAD
Red de arrastre	Con puertas	Ratera	
Red de cerco (de tiro)	Desde embarcación	Birorta	
		Bolichón	
		Agujetera	
		Golondrinera	
		Pejerreyera	
Redes de enmalle	Desde playa	Boliche	
		Boliche roa	
		Jábega	
	Fija de un paño	Solta	Solta ciega
			Solta clara
			Besuguera
			Rachera
			Boguera
	Fija de tres paños	Pijotera	
		Trasmallos	Claro
			Ciego
	De deriva	Enmalle- Trasmallo	De langosta
		Bonitera	
		Volacra	
		Agujetera	

GRUPO	TIPO	ARTE	VARIEDAD
Líneas (anzuelos)	De mano	Línea	
		Poteras	De calamar
		Chambel	De pulpo
		Tabilllas	
		Fino	De besugo
Palangre de fondo			Espinel
			De safo
			De mero
			Estopado
Rastros	Palangre de deriva	Marrajera	
	Remolcados	De peregrina	
	Arrastrados	De diirla	
		De coquina	
		De concha fina	
Trampas	Nasas	De corruto	
		De pez-pulpo	
		De crustáceos	
Redes izadas	Alcatruces		
	Botes		
	Portátiles	Canastillas	

Tabla 2.1.2. Clasificación de los artes de pesca artesanal del Mar de Alborán. Sombreados los artes utilizados para capturar besugo.

Dependiendo del tipo de red y la especie a capturar las piezas se arman con mayor o menor tensión sobre las relingas, de manera que la presa pueda quedar simplemente enmallada por alguna de sus estructuras corporales (espinas, opérculos, aletas, etc.) o bien enredada o embolsada. Este mecanismo de montaje hace que la longitud original del paño de red se reduzca en un porcentaje determinado por su coeficiente de colgadura o armamento, siendo éste la relación existente entre la longitud de una porción dada de relinga y la longitud de la red estirada montada sobre esta porción de relinga (NEDELEC, 1975). Así un coeficiente de colgadura del 50% significa que dos mallas completas se montan sobre la longitud de una sola malla estirada. De este modo la longitud de una pieza de red vendrá dada por su coeficiente de colgadura. A menor coeficiente de colgadura menos estiradas estarán las mallas, adoptando el aspecto romboidal típico de estas redes.

Para formar una red completa (un "tendido" de red) es preciso unir un número determinado de piezas. Esta unión generalmente se hace uniendo malla con malla, las correspondientes a dos piezas contiguas, así como las gazas que forman los extremos de las respectivas relingas.

Existen dos tipos básicos de enmalles, los fijos de fondo y los de deriva. Los primeros, como su nombre indica, son calados sobre el sustrato o a una corta distancia de él, manteniendo su posición por sendos lastres unidos a los extremos de la red y señalizados en superficie por medio de balizas ("gallos") que a veces suelen portar una banderola. Los enmalles de deriva no son utilizados para capturar el besugo, por lo que no serán descritos.

b.1) Enmalles fijos de un paño.

Genéricamente son conocidos con el nombre de soltas (figura 1.10), aunque sus denominaciones pueden ser muy variables dependiendo de cada localidad y de la especie

objetivo, y adoptando en muchos casos una derivación del nombre de ésta (boguera, besuguera, ...).

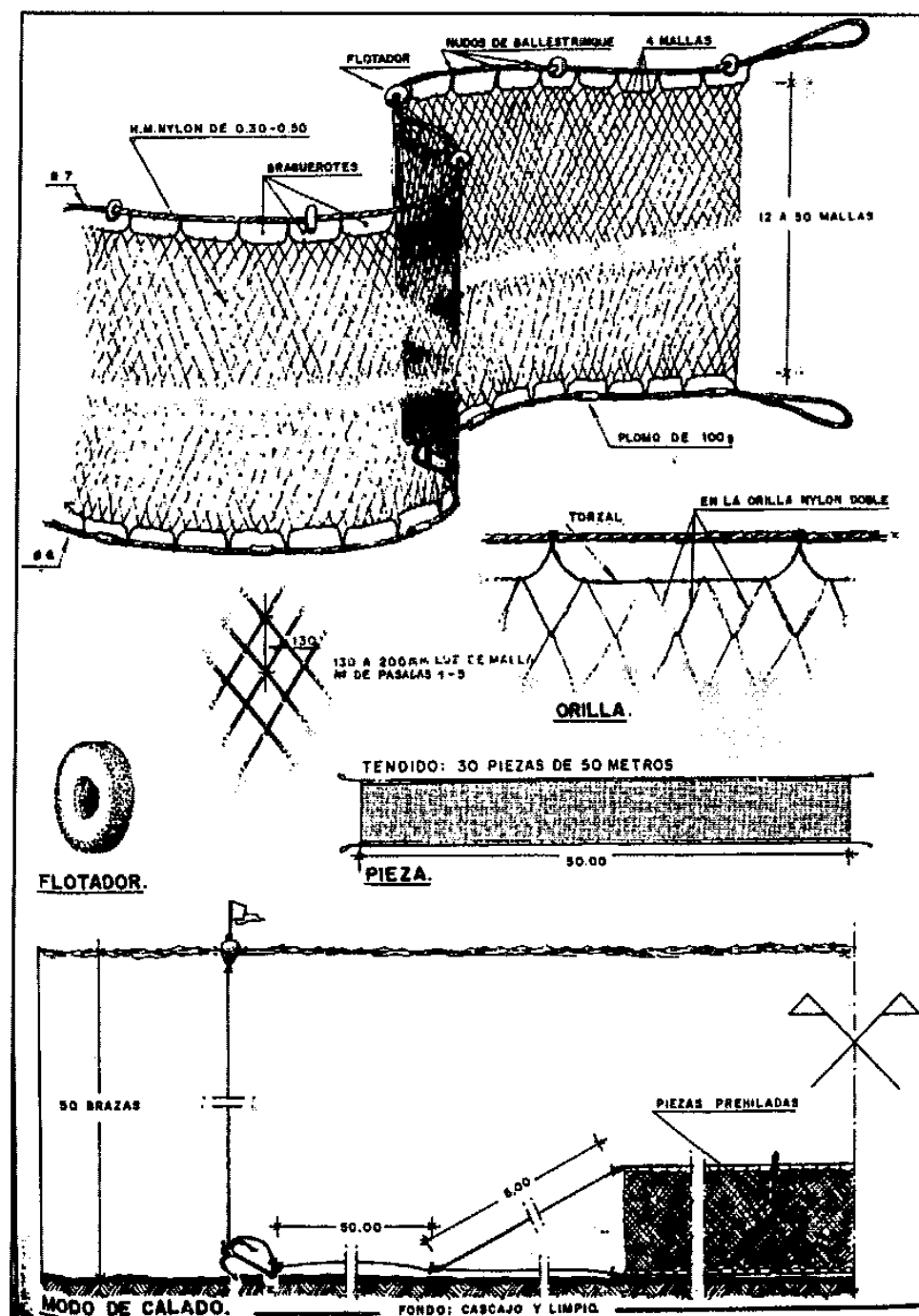


Figura 1.10. Solta: arte de red de enmalle fija de un paño. (según ANÓNIMO, 1994).

Las redes están formadas por piezas con un único paño de red, con longitudes entre 50 y 65 m. y una altura entre 4 y 7 m. El número de piezas de la red depende más de las posibilidades económicas del pescador y del tipo de embarcación, que de la especie objetivo o el tipo de caladero, pudiéndose encontrar soltas desde 4 hasta 30 piezas.

Se puede distinguir entre dos tipos de soltas: ciegas y claras. La diferencia entre ellas está básicamente relacionada con las dimensiones de sus mallas: las ciegas tienen un lado de malla entre 2.0 y 2.9 cm mientras que en las claras es de 3.3 a 4.0 cm. Tanto una variedad como otra son empleadas para la captura de besugo

Los hilos de este arte son siempre de monofilamento de poliamida muy fino, por lo que una vez caladas sobre el fondo son prácticamente invisibles. Este tipo de hilo da también otro nombre a estos artes en la región: artes de pelo.

Siempre son caladas sobre fondos rocosos o cercanos a ellos. Siendo muy variable la profundidad de calado, que depende tanto de la especie perseguida como de las tallas y épocas en que se emplea. En el caso del besugo estas profundidades pueden variar desde los 5 m hasta los 80 m. Se suelen calar a la caída de la tarde y recogerse a la salida del sol (de "prima" a "alba").

b.2) Fijas de tres paños.

Conocidos con el nombre de trasmallos, están formados por tres paños de red superpuestos de los que los dos exteriores ("albitanas"), armados simétricamente, tienen una luz de malla superior a la del paño central. La red central (denominada red fina) es de altura superior a las albitanas, lo que permite que pueda formarse una bolsa al tropezar las presas con ella. La bolsa queda colgada de una malla de las albitanas (figura 1.11).

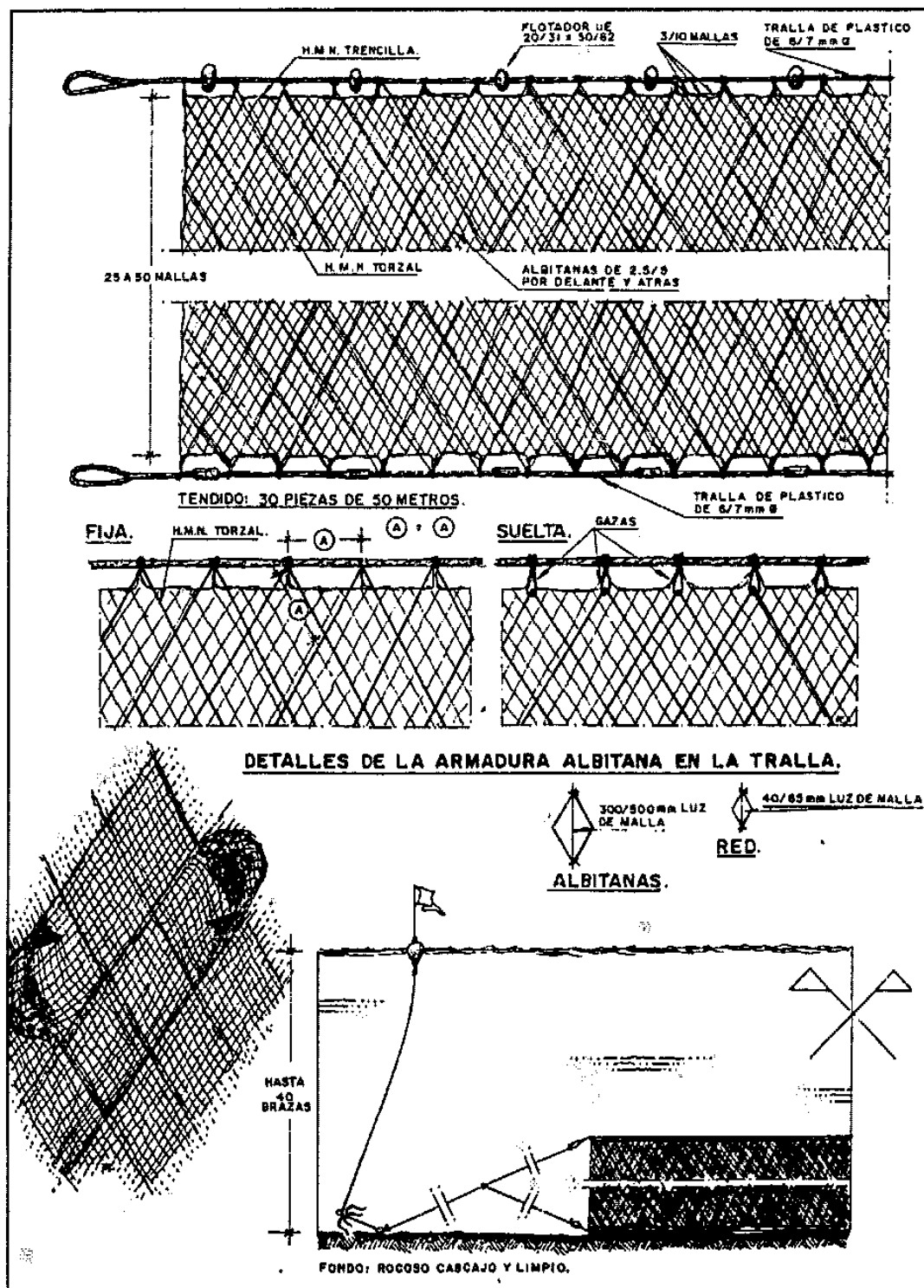


Figura 1.11. Trasmallo: red de enmalle fija de tres paños (según ANÓNIMO, 1994).

Las piezas tienen una longitud de entre 50 y 65 m, pudiéndose calar hasta 40 piezas en un tendido. La altura de las piezas oscila entre 1.5 y 2 m para los trasmallos ciegos y claros y entre 2.5 y 3.5 m para el trasmallo de langosta. Los hilos suelen ser de multifilamento de poliamida torzal.

La longitud de los lados de malla de la red central varía en función de cada modalidad de arte, midiendo en los ciegos entre 2.2 y 2.5 cm, en los claros entre 3.3 y 4 cm, y 5 cm en los de langosta. Las dimensiones de las mallas de las albitanas también varían, haciéndolo en función de las de la red interna, siendo el lado de malla entre 15 y 20 cm para los ciegos, entre 20 y 25 cm para los claros y de 30 cm para el de langosta.

Ninguno de estos tres artes es montado específicamente para la captura de besugos, ya que los ciegos lo son para el salmonete (*Mullus spp.*), los claros para la jibia (*Sepia officinalis*) y los de langosta para *Palinurus mauritanicus*. Sin embargo, tanto en las capturas de los trasmallos claros como ciegos es bastante frecuente la presencia de besugos, a veces en cantidades relativamente importantes y como especie más capturada por el arte.

c) Líneas (anzuelos).

Son artes de pesca que utilizan como elemento básico el anzuelo. Debido a la estrecha relación existente entre el tamaño de éste y el de la presa a capturar, se les considera como artes muy selectivos. Esta selección, además, se ve reforzada gracias a otras características tales como la forma del anzuelo, el tipo y tamaño del cebo, el caladero explotado, la época de uso, etc.

En un anzuelo se distinguen tres partes: la caña o asta, que es la parte recta y que suele terminar en una pestaña aplanada (patilla) donde se une el sedal, el codo, que se corresponde con la parte curva del mismo y determina la abertura del anzuelo (seno o luz) y la muerte, que es el gancho terminal que impide que la presa escape. Las

denominaciones de tamaños y tipos dadas por los pescadores a los anzuelos, son las mismas que especifican las casas comerciales que los suministran.

Los anzuelos están generalmente hechos de acero inoxidable, existiendo una amplísima gama tanto en tamaño, como en la forma y estructura de los mismos. Los más usados en la región son los denominados derechos, que son numerados del 1 al 15 en orden inverso a su tamaño.

Aunque existen aparejos de anzuelo que no utilizan cebo, los empleados para la captura del besugo siempre lo usan, estando formado por trozos de cualquier tipo de pez (generalmente sardina) o más frecuentemente de cefalópodos (calamar o potas).

Existen dos formas básicas de líneas, las verticales y las horizontales. Las primeras son utilizadas generalmente a mano, mientras que las segundas son caladas bien sobre el fondo (palangres de fondo) o en superficie (palangres de deriva). De la gran variedad que de estos aparejos es posible encontrar en la región estudiada, sólo describiremos el chambel y los palangres de fondo finos que son los únicos empleados para la captura de besugos.

c.1) Chambel.

También denominado volantín, es una línea de mano que se cala verticalmente sobre el fondo. Consta de un sedal, cuya longitud dependerá de la profundidad de pesca, al que va unido en su extremo final un plomo, de peso variable dependiendo de la fuerza de las corrientes. De la porción final del sedal y a intervalos más o menos regulares, parten otros sedales de longitud mucho más corta (5-10 cm), que portan los anzuelos que siempre van cebados. Generalmente estos anzuelos no son todos del mismo tamaño, variando entre los del número 10 y 14. La profundidad a la que es utilizado el chambel oscila entre los 30 y 80 m.

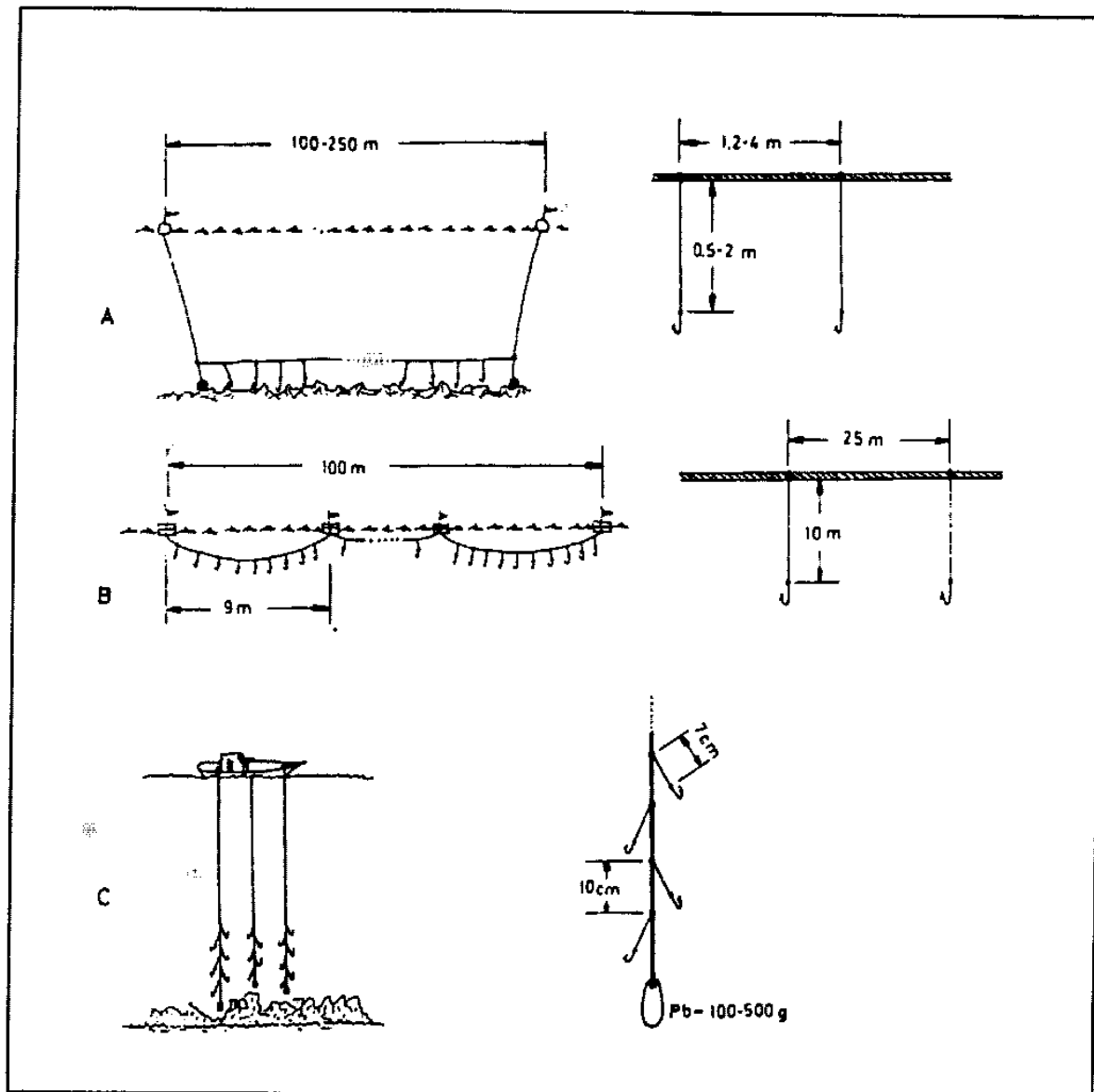


Figura 1.12. Diversos tipos de aparejos de anzuelo. A: palangre de fondo; B: palangre de deriva; C: chambel. (Según CAMIÑAS et al., 1987).

c.2) Palangre fino.

Son aparejos verticales que se calan sobre el fondo. Su estructura es como sigue: de un cordel principal denominado línea madre, de longitud variable (siempre superior a 100 m), cuelgan a intervalos regulares otros, denominados brazoladas, a los que van empatados los anzuelos.

La unidad básica de un palangre es la canasta, que es un cesto, generalmente de esparto, que contiene ordenada en círculos una línea madre y sus correspondientes brazoladas, enganchándose en el borde los respectivos anzuelos. Esta ordenación facilita el cebado de los anzuelos, así como las operaciones de calado del palangre. Un aparejo completo está formado por la unión de varias unidades (canastas) de palangres a través de grilletes, a los que se intercalan giratorios para evitar los enredos una vez calado.

En el palangre fino cada canasta lleva una línea madre que mide entre 100 y 200 m de longitud, que puede ser de monofilamento de poliamida de un diámetro de 2 mm o bien de polipropileno o poliéster trenzado de 3-4 mm de diámetro. Las brazoladas son siempre de monofilamento de poliamida, siendo el más frecuente el de 0.6 mm de diámetro, y pueden medir entre 0.5 y 1.8 m de longitud. Las brazoladas se sitúan a intervalos regulares sobre la línea madre, distanciándose entre 1.2 y 3.5 m, siendo la norma general que queden separadas por una distancia igual al doble de su longitud. Cada canasta lleva entre 100 y 200 anzuelos, siendo el tamaño de anzuelo más empleado el del número 12.

Se calan normalmente en fondos rocosos, entre 25 y 200 m de profundidad, generalmente de noche o de madrugada.

1.4.2. La pesca de arrastre en la región.

La pesca de arrastre tiene ya también cierta tradición en las costas andaluzas del Mediterráneo. En 1920 se censaron un total de 1843 embarcaciones a vela y 30 a vapor, aunque de éstas sólo 10 faenaban en las costas andaluzas, pescando el resto en aguas de Marruecos (DE MIRANDA y RIVERA, 1923). Estos 10 vapores más un número difícil de determinar de embarcaciones a vela (cifrado en 84 embarcaciones por GIL DE SOLA, 1993) pescaban con arte de bou, que es sin duda el precursor del actual arte de arrastre.

La evolución posterior de la flota de arrastre en la zona es parecida a la de otras flotas, desapareciendo progresivamente las embarcaciones de vela y vapor, que fueron sustituidas por barcos más modernos con motor de aceite pesado. Así, en 1940 sólo existen ya barcos a motor, que aumentan progresivamente en número desde 35 unidades en ese año hasta 216 en 1980, para posteriormente reducirse este número hasta las 183 embarcaciones censadas en 1990 (GIL DE SOLA, op. cit.).

A pesar de la importancia de la pesca de arrastre en la región y, de modo parecido a lo que ocurre en el caso de la pesca artesanal, son escasos los estudios que aporten una información global sobre este subsector pesquero en el área que cubre esta memoria. Existen algunos trabajos que tratan la pesca de arrastre pero en el conjunto del Mediterráneo o bien en otras zonas del litoral Mediterráneo español, tales como los de LLEONART (1990), MARTIN, (1989), MASSUTÍ (1967), OLIVER (1983), PLANAS et al. (1955), entre otros. La única excepción la constituye el ya citado trabajo de GIL DE SOLA (1993), en el que se recopila abundante información sobre la pesquería de arrastre en la región. Por ello, muchos de los datos (sobre todo los relativos a la flota) que aparecen en esta memoria están extraídos de dicho trabajo.

Debido a las características de las embarcaciones y del arte de arrastre, la flota necesita de puertos pesqueros donde puedan efectuarse los desembarcos, repararse las embarcaciones y artes, y desarrollarse las operaciones periódicas de suministro. La flota que faena en el litoral de la región surmediterránea se reparte entre los siguientes puertos base: Estepona, Marbella, Fuengirola, Málaga, Caleta de Vélez, Motril, Adra y Almería.

Las capturas conseguidas por los arrastreros son multiespecíficas y de una alta diversidad, no existiendo unas especies objetivo claras. Sin embargo, existe una parte de la flota formada por las embarcaciones de mayor TRB y de mayor potencia de motor, que son capaces de faenar de manera más continuada a mayores profundidades y se dedican de manera más concreta a la pesca de crustáceos de profundidad: la cigala en las costas malagueñas y la gamba roja en las almerienses. El resto de embarcaciones pescan

normalmente en la plataforma continental, faenando sólo en el talud cuando las condiciones del estado de la mar lo permiten. La enorme multiespecificidad de las capturas de esta flota se debe tanto a la escasa selectividad del arte de arrastre, como a la amplia gama de fondos y profundidades donde puede faenar, que alojan muy diversas comunidades de fondo.

La variedad de especies capturadas queda bien reflejada en las descargas que se efectúan para la venta, compuestas en muchas ocasiones por cajas de productos que contienen más de una especie. Este apartado es el denominado "varios" en las estadísticas que recogen las diferentes cofradías de pescadores, lo que imposibilita en la mayoría de las ocasiones conocer para muchas especies el volumen real desembarcado, haciendo aún más difícil el seguimiento de la pesquería. Para suplir este inconveniente el IEO dispone desde 1989 de una red de informadores-muestreadores repartida por los principales puertos de la región, que suministra la información necesaria para el desarrollo del proyecto de investigación denominado "*Estudio de los recursos demersales del Mediterráneo*".

1.4.2.1. Flota de arrastre.

Los arrastreros de la región son muy parecidos a los del resto del litoral mediterráneo español. Su silueta por proa es alta y llena, destacando una cabina donde está situado el puente de mando, mientras que la popa es baja y afinada. Esta estructura les permite soportar con facilidad cambios bruscos del estado de la mar. Todos son cerrados y llevan maquinilla de pesca, para realizar las operaciones de largado y virado del arte, situada en el centro de gravedad del buque sobre la misma cubierta. Debajo de ésta se encuentra el motor, por lo que el guardacalor y la chimenea de expulsión de los gases de la combustión, quedan justo a popa de los tambores de la maquinilla que alojan los cables de pesca, pasando éstos obligatoriamente por los lados del guardacalor en las maniobras de pesca. Todos poseen una bodega, en la que se distinguen tres zonas: una a popa (pañol de popa) donde se guardan herramientas y pertrechos de pesca y dos a proa, una nevera

donde se aloja el hielo para la conservación del pescado y otra pegada a la quilla del barco, donde se aloja el rancho de marinería (figura 1.13).

A popa se sitúa el pescante o pórtico de pesca, que no es más que una estructura de hierro de forma cuadrangular que sirve para ayudar a las maniobras de largado y virado del arte. En él son identificables un rodillo en la base, por donde corren el arte y las malletas y dos pastecas que sirven para maniobrar con las puertas y por donde corren los cables.

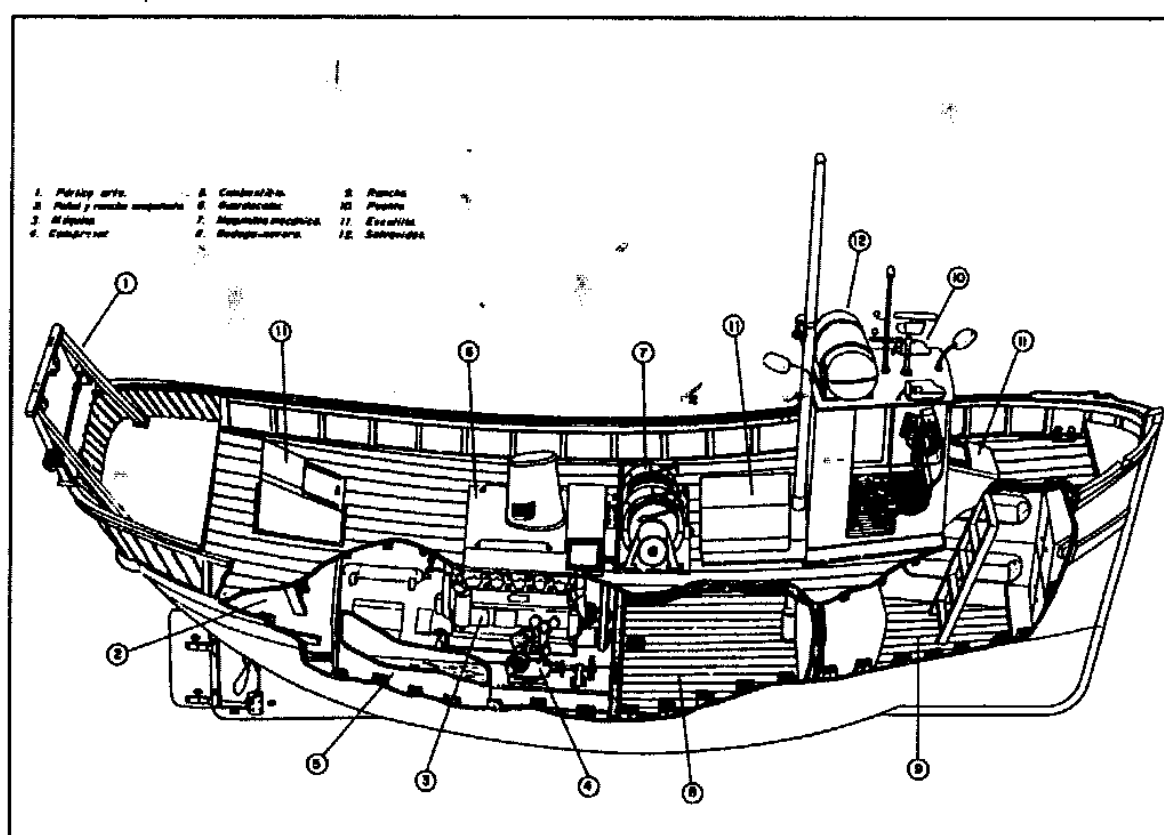


Figura 1.13. Modelo de barco de arrastre. (Según ARBEX, 1986).

El equipamiento técnico para la pesca y navegación suele ser escaso, aunque todos llevan una sonda y radio, la mayoría radar y tan sólo los más grandes y modernos otros equipos tales como GPS, sonda a color o plotter.

La potencia de los motores es muy variable, pudiéndose encontrar embarcaciones que tan sólo desarrollan 60 CV hasta algunas que alcanzan lo 700 CV, siendo el caballaje medio de 177 CV. También el TRB es muy diverso oscilando entre 40 y 250 toneladas, siendo el valor medio de 41 TRB (GIL DE SOLA, op. cit.).

El número de barcos dedicados a la pesca de arrastre en el litoral norte del mar de Alborán, se ha mantenido más o menos constante desde el año 1970 hasta la actualidad, aunque en los últimos años está sufriendo un paulatino descenso. En 1991 (año para el que posteriormente se analizarán las capturas de besugo) la flota estaba compuesta por 183 unidades, número que se ha mantenido más o menos estable hasta la actualidad (GIL DE SOLA, com. pers.).

1.4.2.2 El arte de arrastre.

Aunque el arte de arrastre como lo conocemos actualmente no tiene una tradición demasiado prolongada en el tiempo, su precursor, el "bou", aunque de origen y antigüedad incierta es utilizado al menos desde inicios del siglo XVIII. La primera descripción que conocemos del bou se debe a SAÑEZ REGUART (1791), que identifica esta expresión con la denominación en castellano de buey. Tal como lo describe se trata de un arte formada por dos bandas rematadas en sendos calones, que abren a un copo final, y que era arrastrado por el fondo gracias a la acción conjunta de dos embarcaciones a vela. De hecho, aún en día algunos artes de arrastre son maniobrados en pareja, aunque las similitudes entre el ancestral bou y los modernos artes de arrastre poco tengan que ver.

Posteriormente RODRIGUEZ SANTAMARÍA (1923), ya asimila el vocablo bou con los términos de diversas lenguas europeas, entre los que se encuentra el de "trawler" que identifica actualmente a estos artes. La diferencia básica entre el bou descrito por este autor y el del anterior, la constituye un elemento fundamental que es la presencia en estos más modernos, al igual que en los actuales, de las "puertas" de arrastre que ayudan a mantener el arte abierto sobre el fondo. Sin embargo este "trawler" se diferencia del actual en que no poseía malletas entre las puertas y los calones, estando completamente unidas a las bandas del arte.

Los artes de arrastre actualmente usados por la flota con base en los puertos del norte del Mar de Alborán, responden al tipo denominado comúnmente "baka" (vocablo que, al menos como se transcribe normalmente, resulta poco acertado) y que podemos encontrar con ligeras variaciones a lo largo de todo el litoral. El arte está formado por dos partes fundamentales: un saco, de forma troncocónica, que se abre en una amplia boca, y dos alas o bandas que la limitan en los laterales. Para mantener la boca abierta en sentido vertical, ésta va provista en su parte superior de flotadores y en la inferior de un burlón lastrado con plomos. Las puertas unidas por las malletas a los extremos de los calones de cada banda, son las encargadas de mantener la mayor abertura horizontal (figura 1.14).

Un arte de arrastre está constituido por diversas piezas de red (generalmente todas de polietileno), que van disminuyendo en la luz de malla desde los extremos de las bandas hasta el extremo final del copo. Estas son: bandas, alas y cielo, manga, golerón y copo (figura 1.14). Dependiendo de las dimensiones de cada parte del arte se distinguen varias modalidades de este arte en la región, que reciben diferentes nombres.

El arte una vez calado va unido al barco por medio de los cables. Éstos son de un diámetro comprendido entre 12 y 18 mm y la longitud que se larga de los mismos depende de la profundidad a la que se realice la faena.

En la zona, se suele arrastrar con el arte una media de tres-cuatro horas por lance, con lo que se suelen realizar tres arrastres por día o a lo sumo cuatro si son a poca profundidad y se emplea menos tiempo en las maniobras de largar y virar.

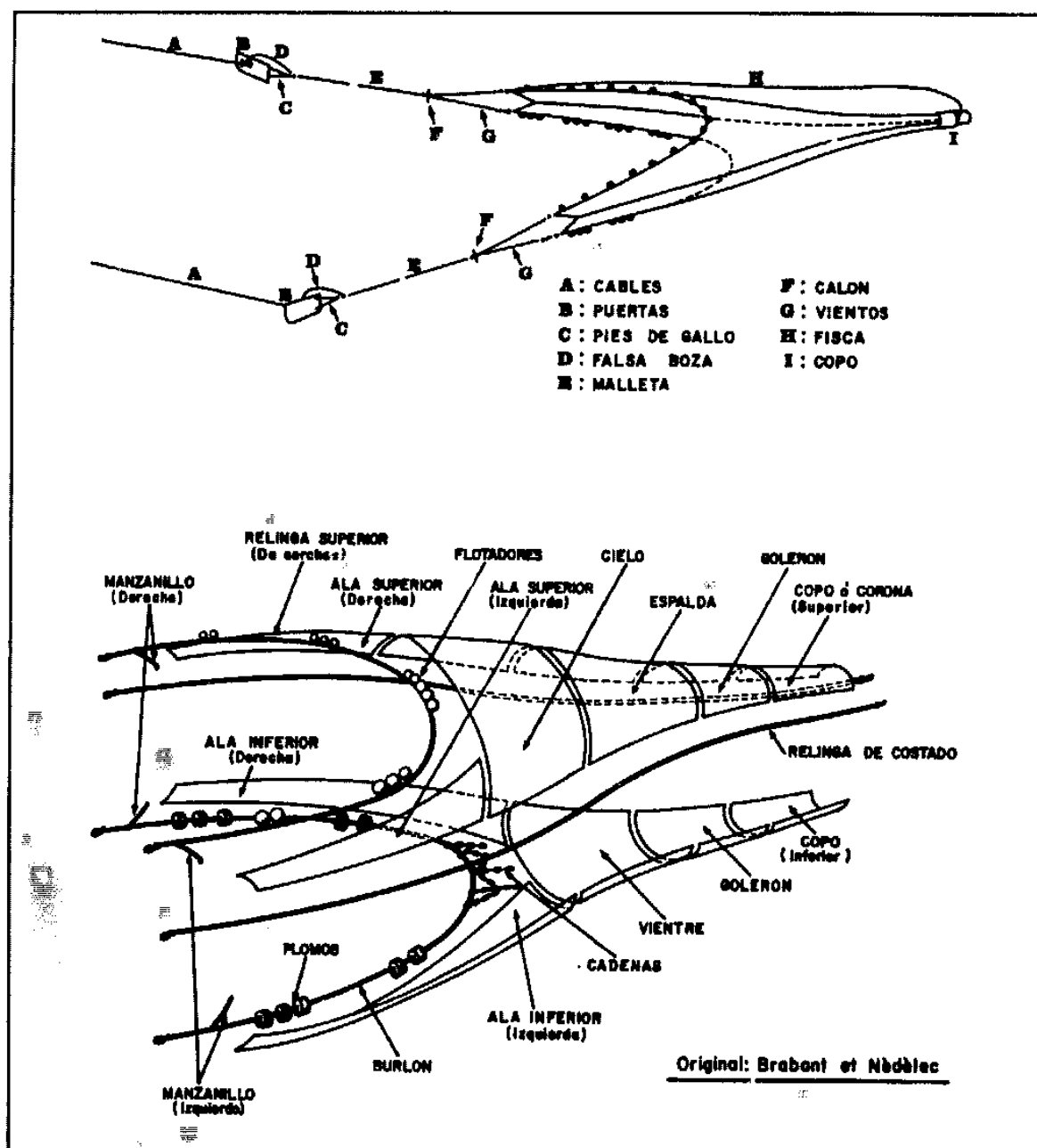


Figura 1.14. Arte de arrastre y denominaciones de las principales partes del mismo (según GIL DE SOLA, 1993).

2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL BESUGO EN EL ÁREA.

La confección de cartas marinas para su uso en la navegación ha sido el objetivo de todas las naciones ribereñas desde mediados del presente milenio, motivada básicamente por los intereses comerciales en ultramar. Sin embargo esta disciplina ha estado muy olvidada en los estudios pesqueros, limitándose las informaciones gráficas a unos pocos mapas de situación, que "retratan" de manera muy somera aspectos muy fragmentarios de las interrelaciones espaciales entre los recursos renovables y las pesquerías. De hecho, muy pocos modelos de evaluación emplean informaciones espaciales (MATHERON, 1971; CLARK, 1979; CADDY y PIAGGESI, 1983; BAZIGOS, 1979; PRINGLE y DUGAN, 1983; BURCZYNSKY, 1982; GULLAND, 1975), cuando éstos, como afirman algunos autores (CADDY y GARCÍA, 1986), deberían ser los primeros datos disponibles sobre los recursos explotados.

En el caso concreto del Mediterráneo español existe un número relevante de documentos que contienen aspectos cartográficos sobre los recursos, las flotas, las áreas y las épocas de pesca. No obstante, esta información suele encontrarse dispersa y plasmada de modo muy heterogéneo, siendo a partir de la década de los ochenta cuando podemos encontrar un mayor número de trabajos que contemplan indicaciones más o menos exhaustivas sobre las zonas de pesca y las actividades que en ellas se realizan (BAS et al., 1955; DEL CERRO y PORTAS, 1983; LLABRÉS y MARTORELL, 1984; CHARBONIER y GARCÍA, 1985; MILLÁN ROCA, 1986; ALEGRET, 1987; CAMIÑAS et al., 1987, 1989 y 1990; IGLESIAS y MARTORELL, 1988; ABAD y GIRALDEZ, 1990; ALVAREZ, 1990; LLEONART, 1990; MARTÍNEZ BAÑOS et al., 1990; ABAD et al., 1991; BARO et al., 1992).

En la actualidad son muchos los proyectos de investigación que contemplan no sólo como un resultado más los aspectos relacionados con la distribución espacial de una especie, sino como una herramienta de gran utilidad para comprender determinados

aspectos de la ecología de ésta y como medio fácilmente interpretable para el asesoramiento y la posterior gestión de los recursos. A ello ha contribuido de manera muy especial el rápido avance de los sistemas informáticos y, en especial, aquellos desarrollados, o por desarrollar, en el seno de los modernos Sistemas de Información Geográficos (SIG) aplicados al medio marino.

En la presente memoria no hemos pretendido utilizar técnicas de este tipo para resolver algún aspecto concreto, pero sí el aportar resultados desde una óptica diferente a la usual, que pudieran abrir nuevas vías, para comprender mejor el estado de la población del besugo en el mar de Alborán, y plantear dudas razonadas que nos animen a profundizar en estos aspectos en el futuro.

2.1. Material y métodos.

Como mejor muestreo de la distribución espacial de la población del besugo en el sector norte del mar de Alborán, se han utilizado los datos recogido en las campañas de prospección al arrastre de la serie MERSEL entre los años 1991 y 1993, realizadas en la zona por el IEO (GIL DE SOLA, 1994). En la tabla 2.1 figuran las fechas y el número de lances efectuado. en cada campaña

Para la representación de los datos se ha utilizado la base cartográfica realizada por el IFREMER en el programa KARTO (CADIOU, 1994). Los datos de abundancia en número de individuos han sido representados a través del programa SURFER (GOLDEN SOFTWARE INC., 1989), adoptándose para ello un modelo de interpolación de los datos del tipo "kriggin". Las salidas gráficas de las cartas que se presentan, han sido previamente mejoradas por medio del programa CORELDRAW (COREL CORPORATION, 1993).

CAMPAÑA	INICIO	FINAL	Nº DE LANCES
MERSEL0691	4 Junio 1991	18 Junio 1991	45
MERSEL1091	14 Octubre 1991	31 Octubre 1991	39
MERSEL0392	16 Marzo 1992	9 Abril 1992	23
MERSEL0992	10 Septiembre 1992	30 Septiembre 1992	40
MERSEL693	9 de Junio 1993	30 Junio 1993	53

Tabla 2.1. Periodos de realización y número de lances efectuado en las campañas de la serie MERSEL, realizadas entre 1991 y 1993.

En nuestro caso la elección del modelo de interpolación de los datos no responde al interés estadístico del mismo, sino como mero medio de representación de la información obtenida, por lo que cualquier consecuencia relacionada con modelos de evaluación diseñados con este tipo de técnicas geostatísticas, por ejemplo GEOEAS (ENGLUND y SPARKS, 1988), no han sido tenidas en cuenta. Sin embargo, hemos preferido este modelo de representación debido a que, según investigadores más avezados en la materia (SOBRINO, com. pers.), las salidas a nivel gráfico proporcionadas por SURFER, difieren muy poco de las que se obtienen con un tratamiento estadístico más idóneo de los datos, siempre y cuando la finalidad de los mismos no sea el de evaluar el estado de la población analizada.

Para el análisis de la distribución batimétrica por tallas de los individuos, se han agrupado las distribuciones de tallas por lance, de las campañas analizadas, en rangos de profundidad cada 10 metros, calculándose las correspondientes tallas medias. Los datos resultantes han sido ajustados a un modelo de regresión no lineal de tipo asintótico, según la siguiente función:

$$W = A - B\rho^x$$

donde ρ es un parámetro no lineal que varía entre 0 y 1 y considerando la profundidad como variable independiente (SNEDECOR y COCHRAN, 1989). El modelo ha sido ajustado por un método iterativo por mínimos cuadrados, usando el paquete estadístico SPSS (STATISTICAL PACKAGE FOR SOCIAL SCIENCE, 1993).

2.2. Resultados.

En las figuras 2.1 y 2.2 están representadas las isolíneas de abundancia (en número de individuos) obtenidas en cada una de las campañas MERSEL analizadas.

Independientemente de las abundancias registradas en cada una de las campañas, se observa como la población de besugo se concentra en dos áreas separadas entre sí: una cercana al Estrecho de Gibraltar y la otra al oeste del Golfo de Almería. La distribución espacial del recurso además no parece mostrar variaciones en diferentes épocas del año.

Respecto a la distribución batimétrica, el besugo se muestra como una especie típica de la plataforma, pudiéndose encontrar frecuentemente desde la zona más litoral hasta una profundidad de 200 m, siendo la captura de individuos por debajo de esta cota batimétrica muy rara.

La ecuación resultante del ajuste a la función asintótica empleada ha sido:

$$W = 26.31 - 17.27 * 0.86^x$$

el R^2 obtenido tras la aplicación de una ANOVA muestra una alta significación (0.86).

La curva resultante muestra un primer tramo en el que la pendiente es fuerte, suavizándose mucho a partir de los 100 m de profundidad, donde empieza a tender al valor asintótico (figura 2.3).

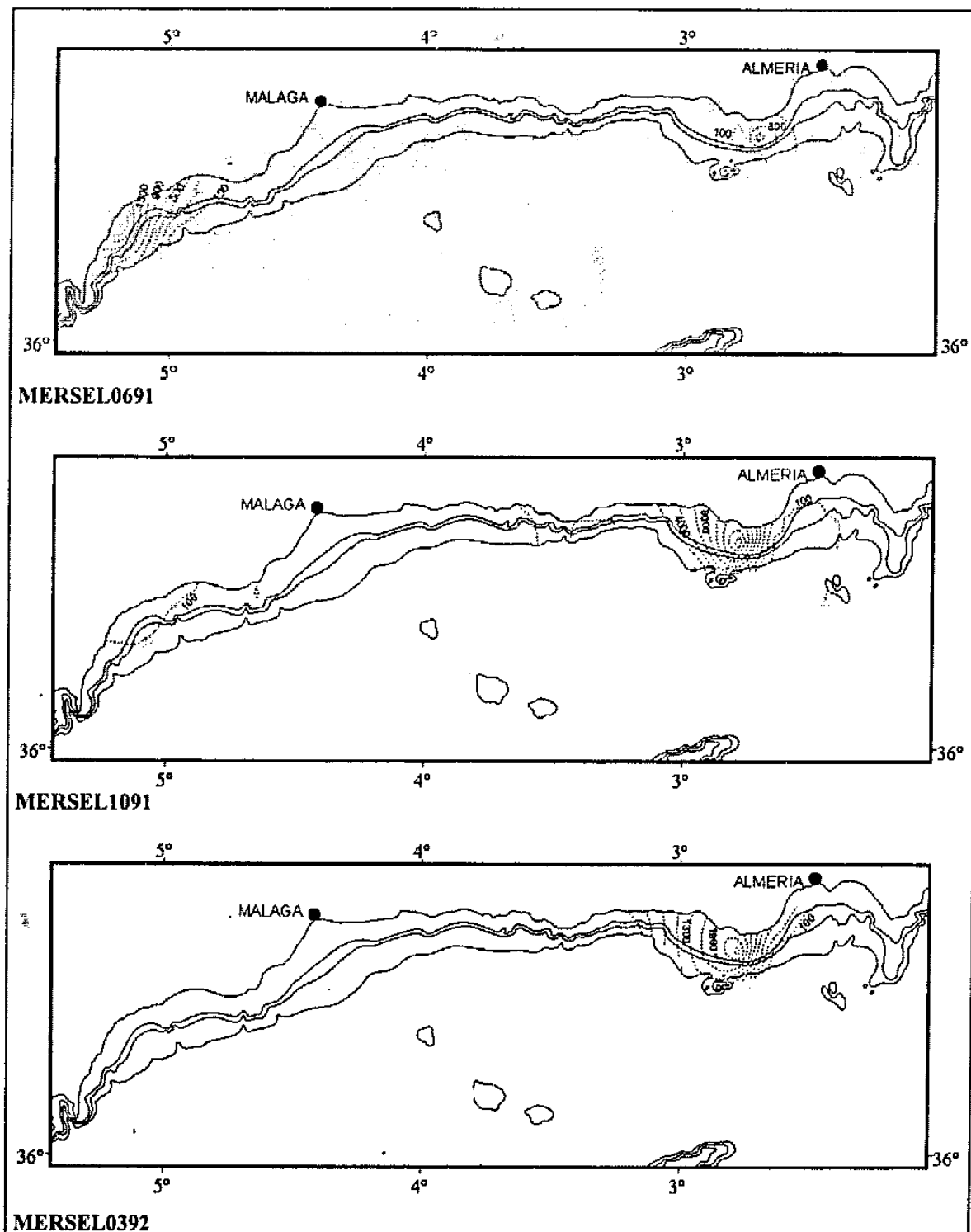


Figura 2.1. Distribución espacial de la población de besugo del Mar de Alborán obtenida en las campañas MERSEL0691, MERSEL1091 y MERSEL0392. Isolíneas de rendimientos (número de individuos) en trazo discontinuo. Las isobatas corresponden a las de 100, 200 y 400 metros.

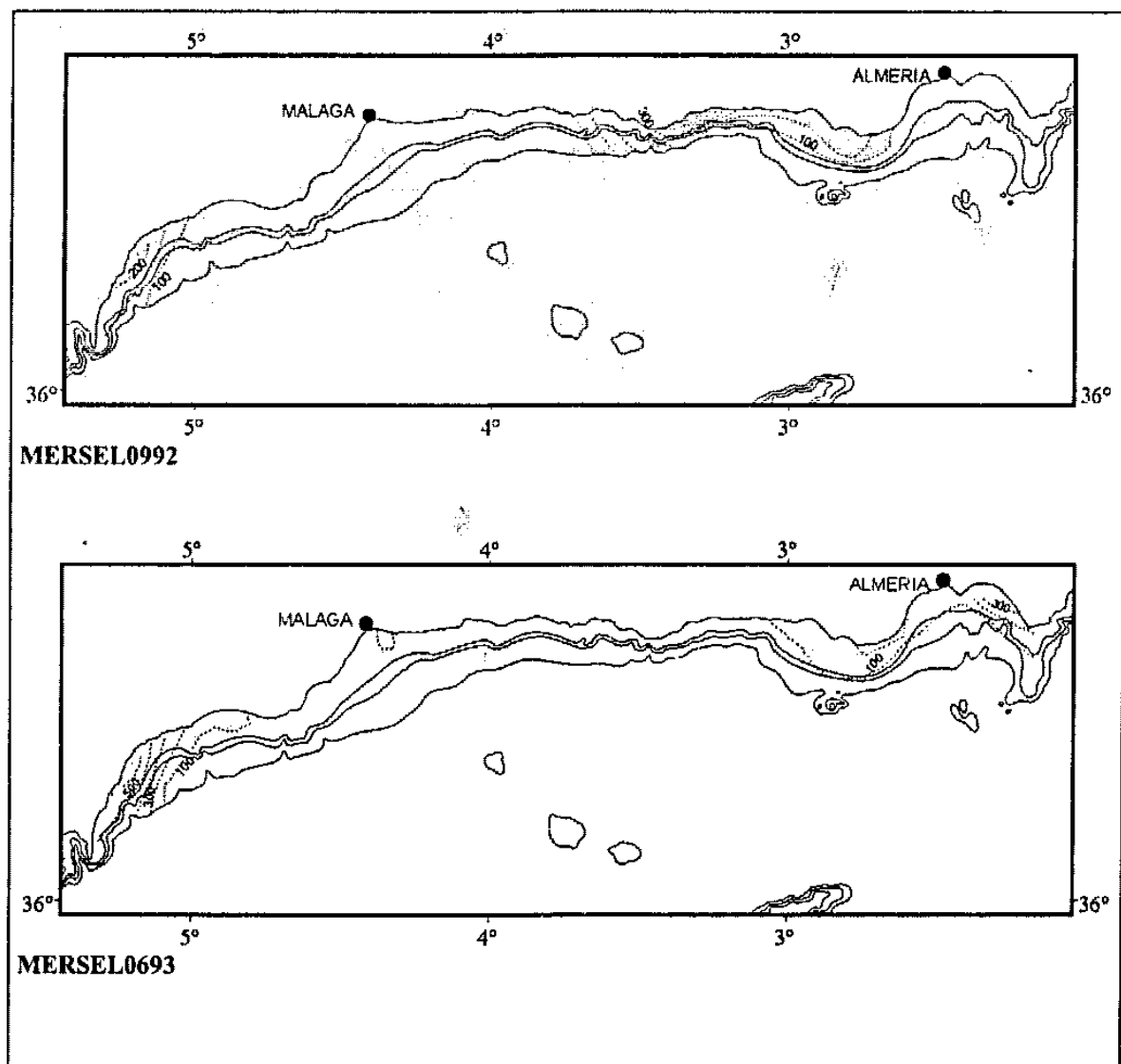


Figura 2.2. Distribución espacial de la población de besugo del Mar de Alborán obtenida en las campañas MERSEL0992, y MERSEL0693. Isolíneas de rendimientos (número de individuos) en trazo discontinuo. Las isobatas corresponden a las de 100, 200 y 400 metros.

DISTRIBUCIÓN DE TALLAS POR PROFUNDIDADES *Pagellus acarne*

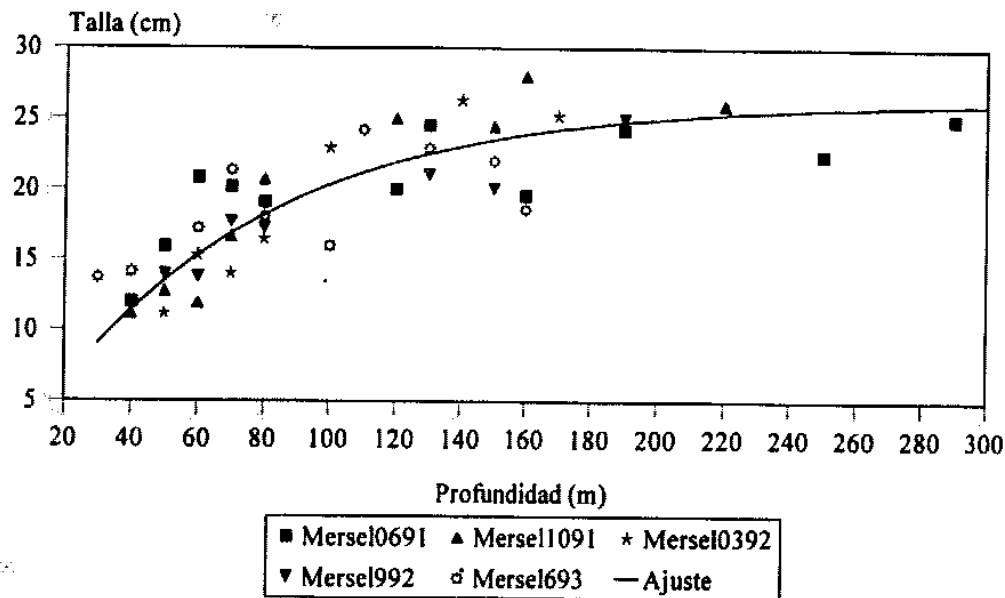


Figura 2.3. Distribución por rangos de profundidad de las tallas medias por lance de *Pagellus acarne*, obtenidas en las campañas de la serie MERSEL y curva resultante del ajuste a una función asintótica.

2.3. Discusión.

El rango de profundidades que ocupa *Pagellus acarne* en el sector norte del Mar de Alborán, hace de ella una especie típica de plataforma, como ya fue señalado por MAURIN (1968) para el Mediterráneo, que la consideró una especie frecuente y abundante entre los 80 y 200 m.

Las diferencias observadas en las tallas medias por rangos de profundidad, parecen indicar una segregación batimétrica del tipo "bigger-deeper" (POLLONI et al., 1979). Es decir que los individuos de tallas más grandes ocupan rangos batimétricos más profundos, mientras que los más pequeños permanecen en las cotas más someras.

BAS (1979), analizando la población de *Pagellus acarne* en las costas del Sahara, encuentra que las formas juveniles se encuentran cerca de la costa en aguas someras, mientras que el stock reproductor ocupa áreas más profundas. Nuestros datos muestran una distribución batimétrica para el Mar de Alborán que parece responder a este esquema.

Como veremos más adelante, la talla de primera madurez para el besugo en el área analizada es de 19 cm, según el ajuste realizado los individuos de ésta y talías superiores ocuparían rangos de profundidad por encima de los 90 m (figura 2.3), estando restringidos los individuos juveniles a profundidades menores de esa cota. Por lo tanto parece existir una clara segregación batimétrica entre ambas fracciones de la población.

Sin embargo, no hemos observado que puedan encontrarse también segregaciones de tipo horizontal en función de la talla, tal y como han sido descritas por otros autores. Así, DOMANEVSKAYA (1982), observa que en la población de besugo de las costas mediterráneas de Marruecos, los individuos de mayor talla (maduros) se localizan en el sector occidental, asociando sus áreas de puesta a zonas de afloramientos intensivos, mientras que los inmaduros son más abundantes en el oriental. Por otro lado, LLORIS et al (1979) también encuentran una segregación espacial por tallas en aguas del noroeste de Africa que relacionan con la influencia producida por la corriente de Canarias.

Los ensayos realizados con nuestros datos no arrojan resultados que apunten en este sentido. Tanto los individuos juveniles como los adultos parecen ocupar preferentemente las mismas áreas (a excepción de su distribución por profundidades), sin observarse una distribución longitudinal diferente entre unos y otros.

Las dos áreas en las que hemos encontrado que se localizan preferentemente los efectivos de la población de besugo, poseen características oceanográficas bastante diferentes. Por un lado, la fracción localizada en la zona occidental parece muy asociada a un área de afloramiento más o menos constante, lo que unido al hecho de que las épocas de

realización de cuatro de las campañas se encuentran dentro del periodo reproductor de la especie (mayo-octubre), puede hacer pensar que se trate de áreas de puesta similares a las descritas por DOMANEVSKAYA (op. cit.). Sin embargo, en la zona oriental de distribución de la población no se han descrito fenómenos de afloramiento, lo que descartaría la hipótesis anterior. Además, en la campaña de marzo de 1992 (MERSEL0392), realizada en una época de inactividad reproductora, la población se distribuye, al menos en el sector oriental (el único muestreado en esa campaña), de manera similar a como lo hace en otros periodos.

Las dos áreas en que se distribuye la especie son, a nivel de parámetros oceanográficos, tan diferentes, como lo podría ser cualquiera de ellas comparada con una región del norte de la península ibérica (N. CANO, com. pers.). Por lo tanto podría existir una barrera de tipo hidrográfico lo suficientemente potente como para que los intercambios poblacionales entre una y otra fueran tan escasos que merecieran ser tratadas como stocks independientes.

En cualquier caso, parecen existir motivos suficientes como para profundizar en aquellos aspectos que justifiquen razonadamente las peculiaridades de la distribución espacial encontrada, prestando especial atención a todos aquellos parámetros oceanográficos que podrían ayudar en gran manera a explicar los interrogantes planteados.

3. CAPTURAS.

La captura de una especie efectuada por un determinado tipo de flota o flotas, como reflejo de la abundancia de esa especie en el mar, es una pieza básica en el estudio de la biología pesquera encaminada a generar asesoramiento para su gestión óptima. A nivel general se consideran dos tipos de métodos para estudiar la dinámica de una población explotada, por un lado los que utilizan información proveniente de las pesquerías, denominados métodos *directos*, y por otro los que se basan en la información obtenida a través de campañas de investigación, denominados métodos *indirectos*. Para el desarrollo del primero de los métodos es por tanto indispensable el conocimiento del volumen capturado, que junto a otros tipos de información (esfuerzo ejercido, distribuciones de tallas, parámetros biológicos,...) permiten simular la dinámica de una especie en su paso por la pesquería.

Aunque normalmente se hable de capturas lo que generalmente se llega a conocer son las descargas o desembarcos producidos por una flota, utilizándose muy frecuentemente un concepto como sinónimo del otro. La diferencia entre uno y otro es básica, ya que si bien las capturas de algunos artes pueden ser reflejo de la estructura de parte de una población en el mar, siempre teniendo en cuenta la selección de los mismos, las descargas, en muchas ocasiones, suelen ser reflejo sólo de la propia estructura de la pesquería, estando limitada por muchos factores, entre los que se encuentran los de tipo económico o los relativos a las normativas vigentes sobre pesca.

De hecho, muchas especies pueden ser consideradas como poco abundantes simplemente porque nunca aparecen en las descargas, generalmente debido a su nulo interés económico, cuando evaluaciones por métodos directos demuestran lo contrario. Estas especies son el producto de lo que se denomina el *descarte* de una pesquería, es decir lo desechado y que es devuelto al mar. En muchas ocasiones parte del descarte está formado por individuos de una especie de interés comercial pero que por diferentes

razones, encuadradas en las ya mencionadas, no aparecen nunca en las descargas. El caso más frecuente, pero no el único, es el motivado por las tallas mínimas de captura decretadas para una especie, que provoca que parte de lo capturado sea arrojado de nuevo al mar ya que no es susceptible de ser vendido por las vías legales establecidas.

Este fenómeno hace que los resultados sobre la captura en peso de una especie, así como su estructura en tallas no queden reflejados de manera precisa por los muestreos sobre las descargas y puedan modificar de alguna manera los resultados que se deriven de ellos. A pesar de esto y como se comentó antes, se suelen utilizar los dos términos indistintamente confundiendo uno con otro y siendo empleados de manera equivalente. Esto es debido principalmente a que en la inmensa mayoría de las pesquerías es muy difícil acceder a la información real de como es la parte descartada y en que cuantía se ha producido, ya que sería necesario mantener observadores en los propios barcos que obtuvieran estimaciones de los descartes, lo que casi siempre resulta imposible.

Las pesquerías demersales del Mediterráneo (arrastre y artesanales) se consideran multiespecíficas, es decir no existe una especie objetivo definida a la que estén dirigidas las flotas (OLIVER, 1988; ABAD y BARO, 1991; GIL DE SOLA, 1993). Aunque este concepto no puede ser asumido de modo absoluto, ya que tanto las embarcaciones como los artes son modificados para adecuarlos a una especie o un grupo concreto, sí refleja a nivel general la realidad de las pesquerías, sobre todo en lo que se refiere a las de arrastre. La razón de la multiespecificidad de las capturas viene dada principalmente por las peculiaridades oceanográficas del Mediterráneo, que posibilita la existencia de una gran diversidad de especies pero con una baja abundancia. Precisamente el hecho de que las producciones sean bajas, atenúa de alguna manera el problema de la dualidad entre los conceptos de captura y descargas, ya que se podría afirmar que en el Mediterráneo y en lo que se refiere a especies de interés comercial, los descartes son prácticamente nulos. Esta afirmación puede quedar refrendada con un aspecto sobradamente conocido, como es que a lo largo de todo el litoral son normalmente comercializadas no sólo todo tipo de

especies, sino de todos sus posibles tamaños, asignándose de manera corriente incluso diferentes nombres comerciales a las diversas categorías que agrupan las distintas gamas de tallas. Este hecho es especialmente patente en el litoral que es motivo de estudio en este trabajo, ya que a las tradicionales preferencias de consumo, se suma una fuerte demanda derivada del componente económico que supone el turismo.

Por tanto, en nuestro caso, podemos asumir que las descargas son representativas de las capturas, o que por lo menos la importancia de los descartes es lo suficientemente pequeña como para que, utilizando los datos procedentes de aquellas, el error cometido sea mínimo.

Sin embargo, respecto a las capturas registradas para la flota de arrastre, que veremos a continuación, mantendremos ciertas reservas, puesto que información de tipo accesorio nos hacen pensar que no reflejan bien la fracción constituida por las tallas más pequeñas de la distribución de capturas, aunque para todos los análisis que se realizarán serán consideradas como precisas.

3.1. Material y métodos.

3.1.1. Flota artesanal.

Los datos de captura procedentes de la flota artesanal cubren un periodo comprendido entre los años 1988 y 1991. A los tres primeros años corresponde la información extraída durante el desarrollo del proyecto de cooperación entre el IEO y la D.G. XIV de la Comisión de la UE (CE), denominado genéricamente "*Pesquerías locales de la región surmediterránea andaluza (entre Punta Europa y el Cabo de Gata)*". Este proyecto, realizado durante el periodo 1987-1990, sirvió primero para describir, definir y cuantificar la importancia de las pesquerías artesanales en la región (CAMIÑAS et al., 1987) y posteriormente para identificar las principales especies objetivo, definir el esquema de

explotación de las pesquerías, cuantificar sus capturas, aportar datos biológico-pesqueros y cartografiar los principales caladeros (CAMIÑAS et al., 1989 Y 1990). En gran parte los resultados de este trabajo provienen de la información de base recogida durante los años de duración de este proyecto.

Los datos pertenecientes al año 1991 provienen de la información recogida en el proyecto del IEO "*Estudio de los recursos demersales del Mediterráneo español*", en el que se obtuvieron datos tanto de las pesquerías artesanales como de las de arrastre del litoral del Mar de Alborán (GIL DE SOLA, 1993).

La metodología de muestreo empleada durante el proyecto sobre las pesquerías artesanales se basó en la captación de información a través de una red de información y muestreo mediante la realización de encuestas (CADDY y BAZIGOS, 1985), que subsanara en parte la falta de información existente en la estadística de tipo oficial, que no ofrecía la fiabilidad necesaria (FARRUGIO y LE CORRE, 1984; CAMIÑAS et al., 1990). La cobertura durante el año 1989, con el objeto de estimar las capturas tanto cualitativa como cualitativamente, fue tan amplia que las inferencias realizadas se efectuaron más sobre un censo que sobre un muestreo probabilístico. Esta cobertura fue previamente optimizada merced a los resultados conseguidos durante las fases previas del proyecto, lo que condujo a identificar los principales núcleos de desembarco y las principales especies a muestrear, en función de su importancia relativa en el área. En esencia y tanto para la estimación de las capturas como la correspondiente a las distribuciones de tallas, el muestreo realizado respondió a un esquema estratificado aleatorio por conglomerados, en el que se procuró que los estratos fueran lo más heterogéneos entre sí y los conglomerados de cada estrato lo más homogéneos entre ellos (GULLAND, 1991; SNEDECOR y COCHRAN, 1989). Para una correcta estimación de las capturas los conglomerados (en nuestro caso puntos de desembarco) fueron a su vez estratificados por tipos de artes. Las unidades básicas de muestreo así consideradas correspondieron al binomio barco-arte, ponderándose convenientemente las capturas y

distribuciones de tallas primero a la captura total de cada barco (cuando era necesario), después a cada tipo de arte en cada uno de los conglomerados y, por último, al estrato espacial considerado. La suma de las capturas por especie de cada estrato espacial dio como resultado la captura global para un determinado arte, efectuándose la estimación por meses.

Durante 1987 se identificaron 65 puntos de desembarco o varado de embarcaciones a lo largo del litoral comprendido entre el Estrecho de Gibraltar y el Cabo de Gata. En función del número de embarcaciones activas en cada punto sólo fueron considerados 28 de estos puntos para realizar el muestreo, ya que en los restantes la actividad de la flota fue catalogada como ocasional o de tipo deportivo (CAMIÑAS et al., 1989).

Durante 1991 no se dispuso de la red de muestreo que cubría todos estos puntos de desembarco, por lo que el dato de captura global para el besugo se obtuvo a partir de la información recogida por las Cofradías de Pescadores. Esta información demostró ser lo suficientemente precisa, debido básicamente a que, según las estimaciones de años anteriores, más del 95 % de los desembarcos de besugo se produjeron en puntos donde existía un registro por parte de las respectivas Cofradías. Además, cotejando los datos registrados por estas asociaciones con los obtenidos a través de la red de muestreo se pudo comprobar cómo la coincidencia era muy elevada, por lo que el dato facilitado era lo suficientemente fiable. Como contrapartida, en muchos casos, la información que no pudo obtenerse fue la distribución de la captura global por modalidades de artes.

3.1.2. Flota de arrastre.

Los datos de los desembarcos de besugo efectuados por la flota de arrastre provienen de tres fuentes de información: Cofradías de Pescadores, FROM (Fondo de Regulación y Organización del Mercado de los productos de la pesca, cultivos marinos y de aguas continentales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y de la red de información y muestreo del IEO.

Los datos de estas tres fuentes fueron cotejados de manera que pudiera desecharse la información no válida, para de este modo obtener una matriz de capturas por meses fiable correspondiente al periodo 1989-1991.

3.2. Resultados.

En la tabla 3.1 figuran, en kilogramos y por meses las capturas de besugo efectuadas por las flotas artesanal y de arrastre en el litoral español del Mar de Alborán durante el periodo 1989-1991. La evolución de las capturas en estos tres años está gráficamente representada en la figura 3.1.

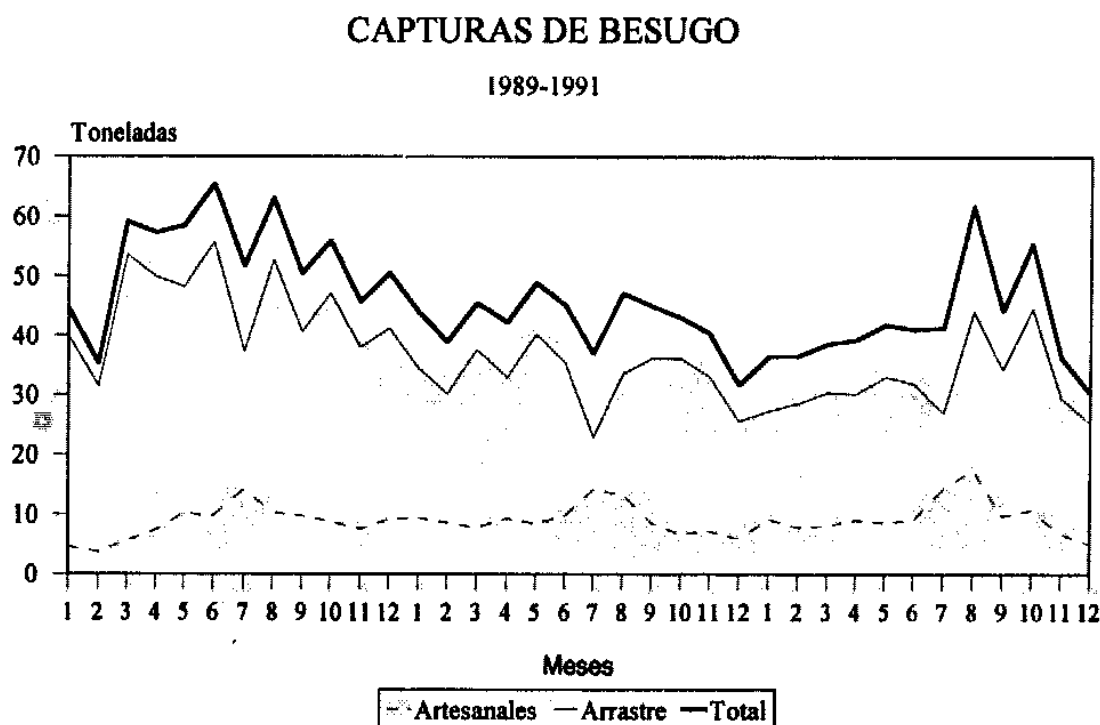


Figura 3.1. Evolución mensual de las capturas de besugo realizadas por la flotas de arrastre y artesanal en el Mar de Alborán, durante el periodo 1989-1991.

AÑOS	MESES	ARTESANALES	ARRASTRE	TOTAL
1989	ENERO	4562	39958	44520
	FEBRERO	3708	31560	35268
	MARZO	5592	53538	59129
	ABRIL	7390	49883	57272
	MAYO	10229	48189	58418
	JUNIO	9810	55532	65342
	JULIO	14224	37339	51563
	AGOSTO	10366	52719	63085
	SEPTIEMBRE	9744	40649	50393
	OCTUBRE	8875	47069	55944
	NOVIEMBRE	7604	38023	45627
	DICIEMBRE	9184	41293	50477
1990	ENERO	9465	34538	44003
	FEBRERO	8638	30263	38901
	MARZO	7788	37625	45413
	ABRIL	9285	32941	42225
	MAYO	8561	40237	48798
	JUNIO	9747	35374	45121
	JULIO	14125	22978	37103
	AGOSTO	13369	33674	47043
	SEPTIEMBRE	8703	36305	45008
	OCTUBRE	6817	36154	42972
	NOVIEMBRE	7190	33149	40339
	DICIEMBRE	6029	25754	31782
1991	ENERO	9194	27364	36558
	FEBRERO	7915	28675	36591
	MARZO	8095	30474	38569
	ABRIL	9086	30213	39299
	MAYO	8704	33062	41766
	JUNIO	9058	31992	41049
	JULIO	14320	27021	41341
	AGOSTO	17605	44149	61754
	SEPTIEMBRE	9722	34473	44195
	OCTUBRE	10761	44647	55409
	NOVIEMBRE	6845	29561	36406
	DICIEMBRE	5050	25252	30302

Tabla 2.1. Capturas (kilogramos) de *Pagellus acarne* realizadas por las flotas artesanal y de arrastre, en el Mar de Alborán durante el periodo 1989-1991.

Las capturas realizadas por la flota artesanal son relativamente poco importantes respecto a las obtenidas por la flota de arrastre, ya que sólo suponen un 23 % de la captura total. Durante estos tres años el nivel de capturas totales ha sufrido un notable descenso desde el inicio del periodo, producido sobre todo por un descenso en las capturas de la flota de arrastre, ya que la de los artesanales se mantiene bastante estable.

Tanto para una flota como para la otra parece haber cierta estacionalidad en las capturas, siendo más acusada en el caso de la flota artesanal, para la que siempre se observan incrementos de las capturas en los meses de verano, producido por un aumento del esfuerzo. En cualquier caso para ambas flotas el periodo de menores rendimientos se sitúa en los meses invernales.

Respecto a la distribución de las capturas por modalidades de pesca artesanal los artes más importantes resultan ser los enmallés, de los que la solta captura aproximadamente un 65 % del total (datos 1989).

3.3. Discusión.

La importancia del besugo como la especie de pez demersal más importante del Mar de Alborán, queda demostrada tanto por el volumen de sus capturas como por su elevado rendimiento económico.

En el contexto de la pesca artesanal *Pagellus acarne* supone el 17 % del total de peces capturados, ocupando el primer lugar en cuanto al volumen de ventas, siendo por tanto especie objetivo de tales pesquerías. Otro tanto cabe decir respecto a la posición que ocupa en cuanto a la pesca de arrastre, siendo también la especie de entre los peces para la que se registran los mayores valores de toneladas desembarcadas (figura 3.2).

El aparente descenso progresivo de las capturas en el trienio analizado, parece ser continuación del observado en el decenio 1980-1990 (figura 3.3). Sin embargo la

fiabilidad de los datos durante el periodo comprendido entre 1980 y 1988 no resulta excesivamente grande, ya que proceden de la estadística oficial en la que quedan registrados no sólo los desembarcos de las flotas que faenan en el litoral de la región estudiada, sino también los de flotas de áreas adyacentes (como puede ser los de la costa de Marruecos) o incluso las ventas producidas por descargas de camiones procedentes de puertos foráneos.

CAPTURAS FLOTA DE ARRASTRE

Mar de Alborán. 1989

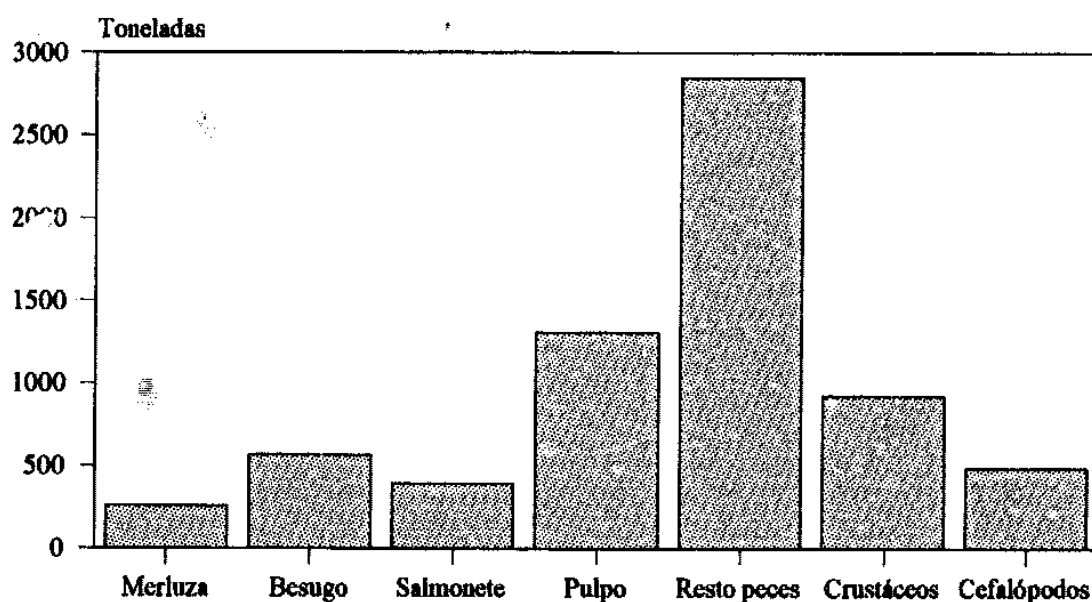


Figura 3.2. Valores (toneladas) de los desembarcos de las principales especies o grupos de especies capturadas por la flota de arrastre en la región surmediterránea española durante 1989 (Modificado de GIL DE SOLA, 1993).

Además el registro de las capturas se realiza por catálogos de nombres comunes que varían de un lugar a otro, o por el contrario un mismo nombre común puede incluir a más

de una especie. Este último caso es el que afecta al besugo, conociéndose como tal en la Región Surmediterránea a la especie *Pagellus acarne*, pero que a nivel oficial se corresponde con *Pagellus bogaraveo*, que recibe el nombre de "voraz" en la región, no apareciendo como tal en la estadística oficial. Como resultado es más que posible que en esta estadística estén mezcladas ambas especies por lo que los datos no pueden ser demasiado fiables.

CAPTURAS DE BESUGO Arrastre Mediterráneo

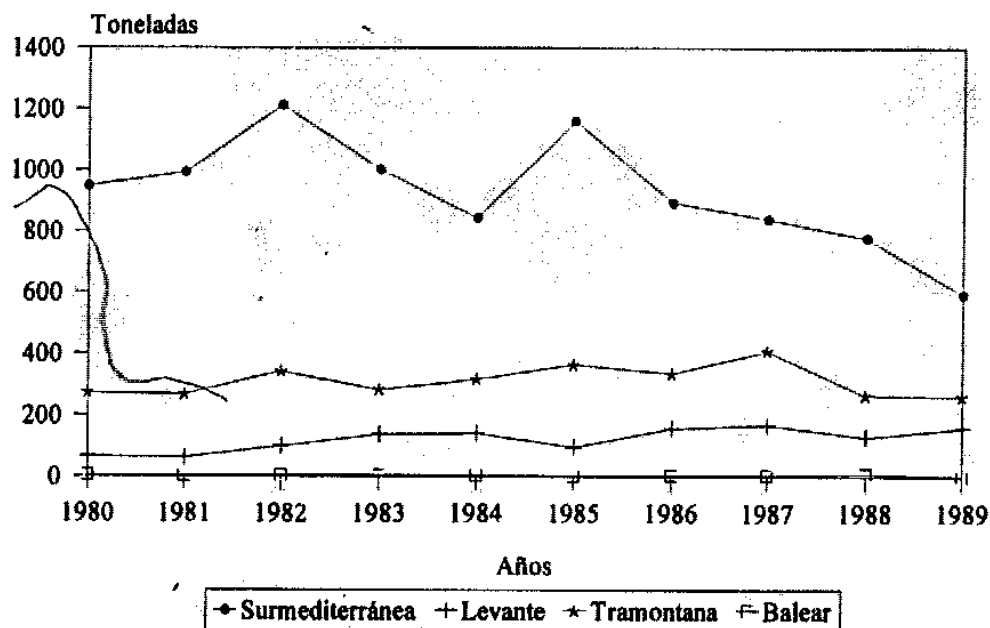


Figura 3.3. Evolución de las capturas del besugo en las diferentes regiones marítimas del Mediterráneo español en la década de los ochenta (según GIL DE SOLA, 1993).

A falta de mayor y mejor información sobre los valores reales de las capturas y su relación con el esfuerzo de pesca, para el análisis de la evolución de los rendimientos, no es posible formular ningún tipo de hipótesis que justifique la progresiva disminución de las capturas de besugo observada durante el último decenio. Tampoco encontramos una

explicación satisfactoria al hecho de que en el trienio analizado se observe una disminución en las capturas de arrastre mientras que el nivel de las de artesanales se mantiene en los mismos valores, excepto que pueda ser producto de una reducción del esfuerzo de pesca por la disminución sufrida en el número de embarcaciones (figura 3.4).

EVOLUCION DEL N° DE BARCOS Arrastre surmediterráneo

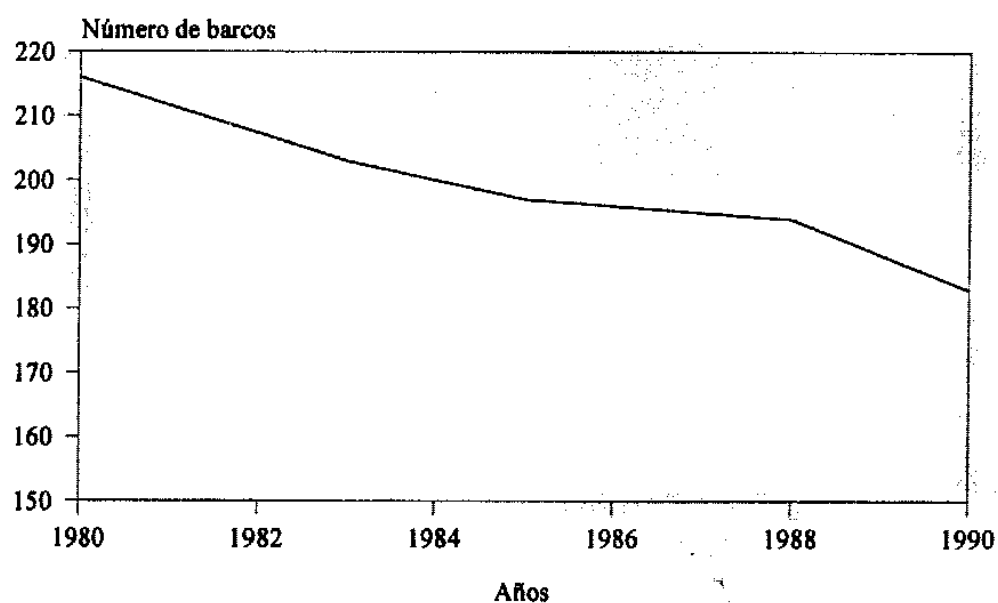


Figura 2.4. Evolución del número de arrastreros en la Región Surmediterránea en el periodo 1980-1990 (Modificado de GIL DE SOLA, 1993).

4. DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS DE TALLAS DE LAS CAPTURAS.

La composición por tallas de una población explotada permite conocer su estructura y, reiterada en el tiempo, su evolución. Las distribuciones de frecuencias de tallas son el reflejo de la actuación de los factores que rigen el crecimiento y de las mortalidades que afectan a la población. En este sentido, el conocimiento de tales frecuencias se convierte en un dato indispensable a la hora de abordar el seguimiento de una especie que está siendo explotada.

Para que las distribuciones de tallas de la captura sean representativas de la población que se está explotando es necesario que los muestreos, a partir de los que se obtienen las frecuencias, cubran todo el rango de tallas explotado y mantengan la suficiente regularidad como para que estén bien caracterizadas las posibles variaciones temporales que pueda sufrir la estructura de la población.

Mediante la composición de frecuencias de tallas, por tanto, es factible obtener abundante información tanto de la propia pesquería, como de la biología de la especie y la dinámica de la población permitiendo evaluar el estado de la misma.

4.1. Material y métodos.

Los datos de frecuencias de tallas utilizados en este estudio se han obtenido de muestreos realizados durante los años 1989, 1990 y 1991, en el caso de la pesca artesanal, y en 1991 para la pesca de arrastre.

La metodología empleada en cada una de las flotas y años fue ligeramente diferente. Durante los años 1989 y 1990 se realizaron muestreos de tallas de las capturas de besugo por la flota artesanal en 28 puntos de desembarco repartidos por todo el litoral, procurando que tuvieran periodicidad semanal. El total de muestreos realizados fue de 216 durante 1989 y de 144 en 1990. Los muestreos de tallas se llevaron a cabo sobre la

captura total de las embarcaciones, lo que fue posible ya que generalmente las pescas no eran muy copiosas. Con la suma de las distribuciones de tallas por tipo de arte en un mes se obtuvo una distribución única por punto de descarga. Esta distribución se extrapoló posteriormente a la captura total mensual estimada en cada uno de esos puntos para cada tipo de arte, mediante la relación entre el peso total de la captura y el peso de la muestra.

La intensidad de muestreo durante 1991 fue bastante menor, ya que no se pudo disponer de la red de información de años anteriores. Los datos de frecuencias de tallas provienen de muestreos realizados en puertos y a través de la compra de la captura total de un barco, o de una parte representativa de la misma si ésta era grande. La frecuencia fue de al menos dos muestreos mensuales para la flota de arrastre y otros dos para la flota artesanal. En este último caso no se tuvo en cuenta el tipo de arte del que procedía la pesca, puesto que la extrapolación a la captura mensual se hacía a la total de la flota artesanal. Sin embargo, en todo momento se procuró que una de las muestras mensuales proviniera de la captura con un arte de enmalle (principalmente solta) y la otra de un aparejo de anzuelo. En caso necesario se extrapolaba la distribución obtenida de una muestra a la captura total del barco (en el caso de no provenir de capturas totales). Con la suma de las frecuencias de tallas de un mes se obtuvo una distribución única que se extrapolaba a la captura mensual total de besugo en la región, diferenciando entre las flotas de arrastre y artesanal.

Para comparar las distribuciones por tallas de besugo capturadas por cada tipo de arte, se han utilizado las distribuciones de tallas de cada uno de los artes caracterizados como artesanales correspondientes al periodo 1989-90. No se han comparado estas distribuciones con la obtenida para el arte de arrastre, puesto que la única distribución de tallas de la captura que se poseía era la de 1991. Además, a efectos del posterior análisis de interacción entre artes se han considerado sólo dos distribuciones, una correspondiente a la captura de los artesanales y otra a la de arrastre, por lo que los diferentes aspectos comparativos se discutirán en su momento.

Para conocer si las distribuciones de tallas obtenidas para cada uno de los artes de tipo artesanal son significativamente diferentes se ha utilizado el test de Smirnov - Kolmogorov (McLENNAN y SIMMONDS, 1992). Este test es sensible tanto a diferencias en las medias y varianzas como al número y posición de las modas. Los datos de las distribuciones de tallas de los artes considerados pueden variar en estas características, por lo que este test parece apropiado en nuestro caso.

El resultado del test es un número P que varía entre 0 y 1. Cuando las distribuciones son idénticas P es igual a cero y cuando no existe similaridad P es igual a uno. El estadístico utilizado es D_{\max} , definido como la máxima diferencia observada entre dos distribuciones de probabilidades acumuladas. Si las dos muestras comprenden N_1 y N_2 individuos y las cantidades de peces en la clase de talla j son n_1 y n_2 respectivamente, las frecuencias acumuladas serán:

$$f_{1j} = \sum_{j=1}^l n_{1j} / N_1$$

$$f_{2j} = \sum_{j=1}^l n_{2j} / N_2$$

D_{\max} es la diferencia más grande de $f_{1j} - f_{2j}$, en valores absolutos. La hipótesis nula a probar sería que las muestras proceden de la misma fracción poblacional, en este caso habría una pequeña probabilidad P de que D_{\max} fuera más grande que D_p , siendo éste:

$$D_p = A_p \sqrt{[(N_1 + N_2) / (N_1 N_2)]}$$

donde el factor A_p es igual a 1.36, 1.63 ó 1.95 para probabilidades de $p = 0.05$, $p = 0.01$ ó $p = 0.001$, respectivamente.

Se han representado también gráficamente las diferencias en porcentajes de captura por clase de talla, para cada posible combinación de dos artes.

4.2. Resultados.

La información recolectada durante los años 1989 y 1990 procedente de la flota artesanal, no sólo permitió obtener la distribución de frecuencias de tallas de la captura anual de esta flota, sino también las correspondientes a cada tipo de arte. Como se observa en la figura 4.1, es la solta el tipo de arte con el que se obtienen las mayores capturas, mientras que con chambel se obtienen las menores. El rango de tallas más explotado es el comprendido entre 20 cm y 25 cm, siendo las tallas más pequeñas casi exclusivamente explotadas por los trasmallos.

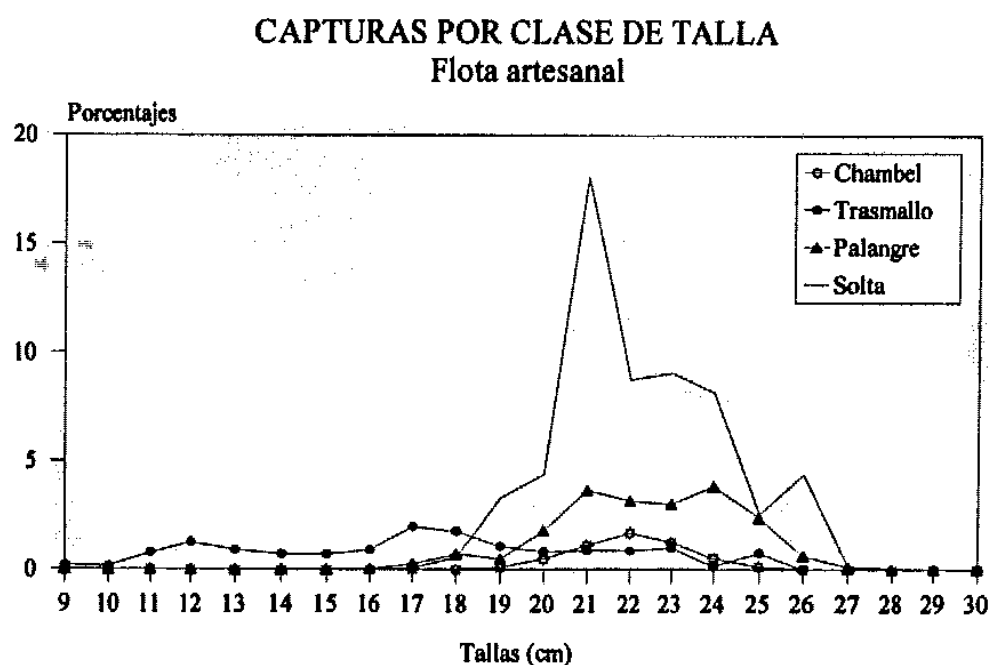


Figura 4.1. Porcentajes de captura de *Pagellus acarne* por clase de talla (cm) respecto al total de individuos, para los diferentes tipos de artes empleados por la flota artesanal. Datos de 1989-1990.

Existen bastantes diferencias entre los rangos de tallas explotados por las flotas de arrastre y artesanal (figura 4.2). Los arrastreros explotan más intensamente un rango de tallas más estrecho y formado por individuos de tamaño más pequeño que los artesanales. El mayor porcentaje de capturas de los arrastreros se sitúa entre los 19 cm y 23 cm de longitud total, mientras que el correspondiente a la flota artesanal (considerada en su conjunto) está localizado entre 20 cm y 25 cm.

Aunque los artesanales pescan las tallas más pequeñas de la distribución total (9-14 cm), el menor volumen de las capturas de esta flota hace que su incidencia sobre esa distribución de frecuencias total sea muy pequeña. Es la flota de arrastre la que aporta el mayor número de individuos de menores tamaños, así como de casi toda la gama de tallas por lo que su distribución de frecuencias de tallas se solapa casi completamente con la de la captura total (figura 4.3).

CAPTURAS POR CLASES DE TALLAS

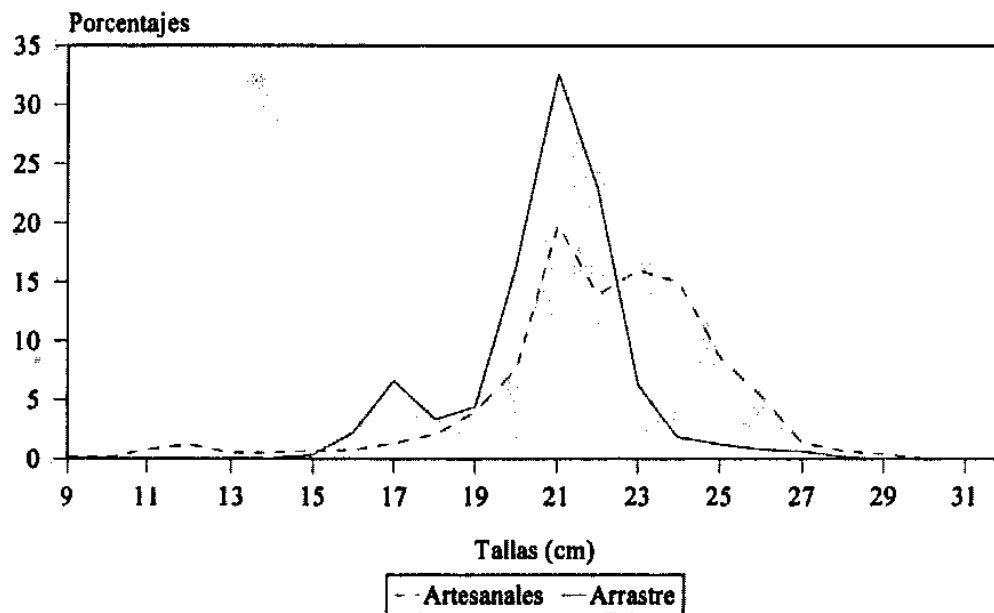


Figura 4.2. Distribución de la captura por clases de tallas (en porcentajes del número de individuos) para cada una de las flotas que explotan el besugo. Datos de la flota artesanal correspondientes al periodo 1989-1991 y los de la flota de arrastre de 1991.

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLAS

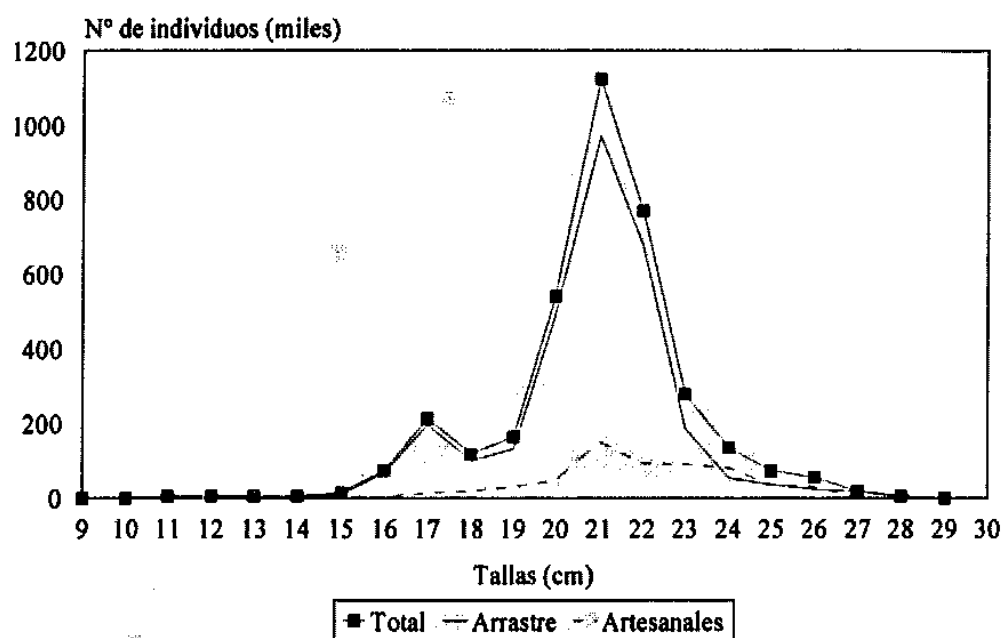


Figura 4.3. Distribución de las frecuencias de número de individuos por clases de tallas respecto a la capturas de besugo de las flotas de arrastre y artesanal. Datos de 1991.

Los resultados de la aplicación del test Kolmogorov-Smirnov a las diferentes combinaciones de artesanales se resumen en la tabla 4.1, donde en una semimatriz de similitudes están representadas con signo "+" aquellas combinaciones de artes que mostraron valores de D_{max} menores que D_p y que por lo tanto se consideran que muestran distribuciones de tallas similares, mientras que con signo "-" están representadas aquellas combinaciones en que ocurre el caso contrario.

Según los resultados de la tabla 4.1 parece claro que los diferentes artes analizados explotan fracciones muy parecidas de la población, excepto en el caso del trasmallo, arte para el que el test empleado no muestra similitud alguna con cualquiera de los otros artes.

	TRASMALLO	SOLTA	PALANGRE
CHAMBEL	-	+	+
PALANGRE	-	+	
SOLTA	-		

Tabla 4.1. Semimatriz de similitudes mostrando los resultados del test Kolmogorov-Smirnov. Con signo "+" combinaciones similares y con signo "-" las combinaciones significativamente diferentes.

Comparacion entre distribuciones de tallas

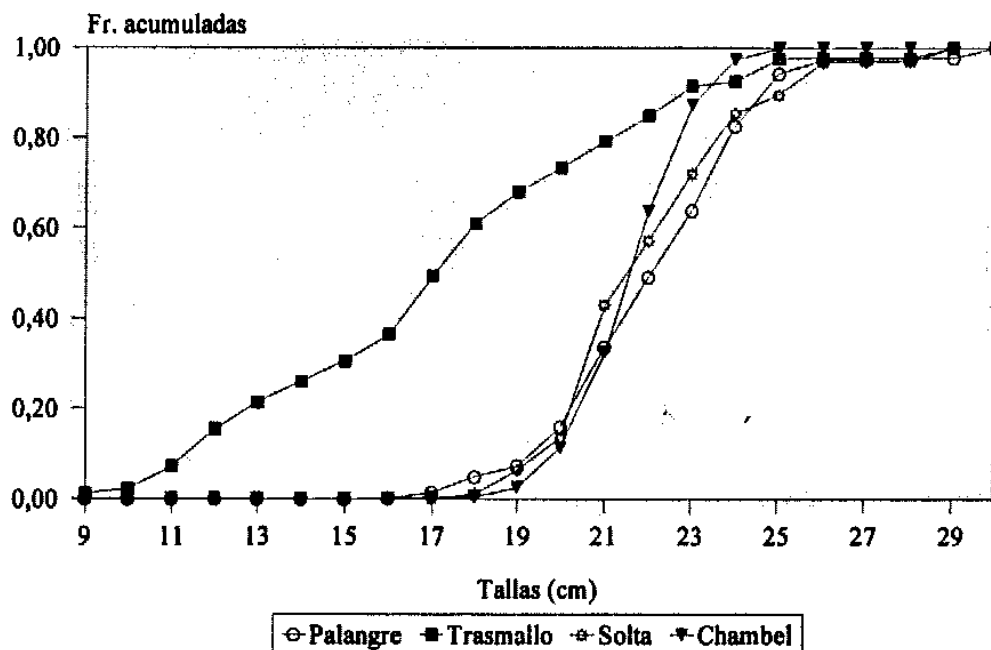


Figura 4.4. Distribuciones de las frecuencias acumuladas de tallas para las capturas de *Pagellus acarne* por tipo de arte

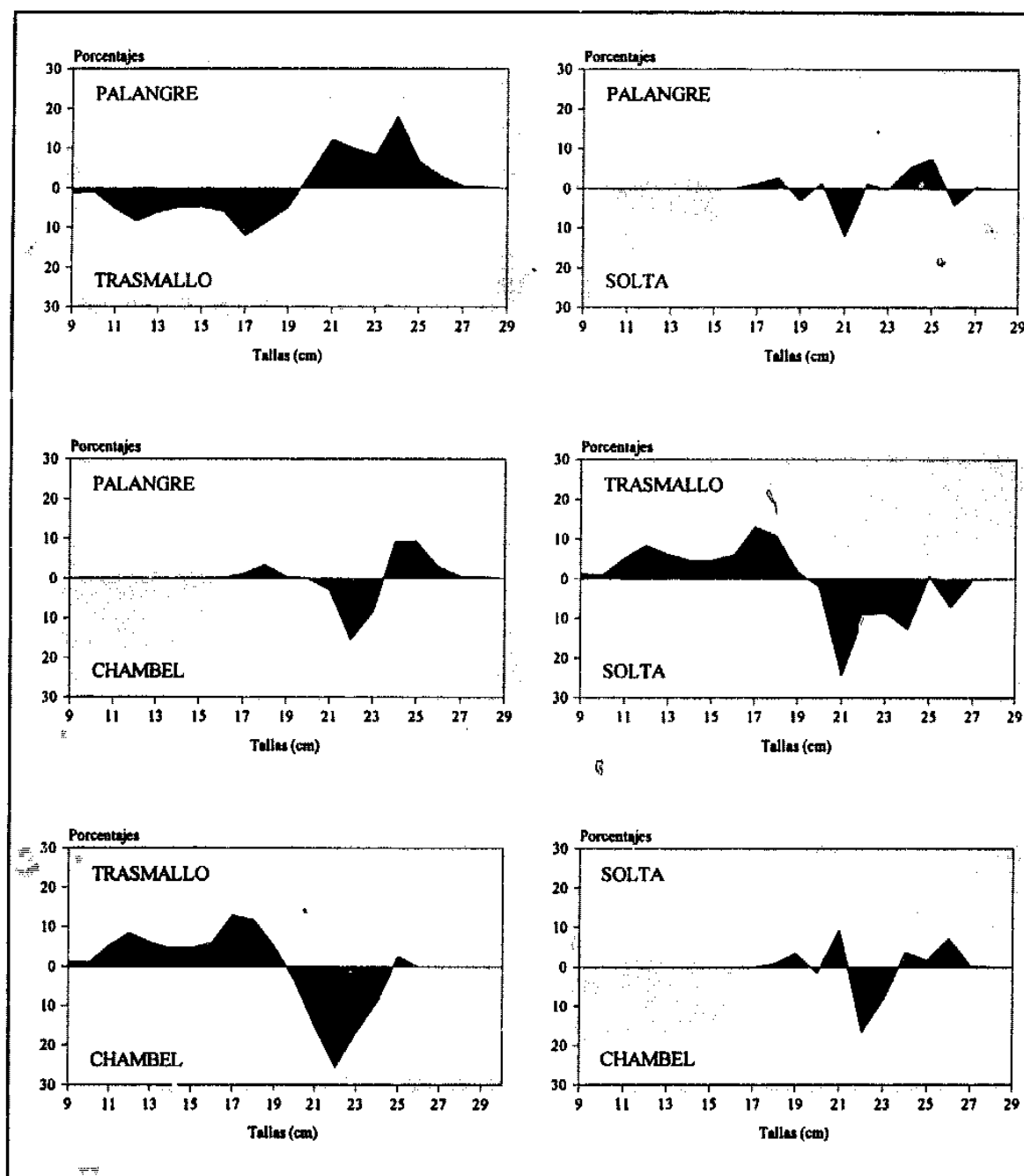


Figura 4.5. Diferencias en los porcentajes capturados por clase de talla de *Pagellus acarne*, para cada una de las combinaciones de artes.

Este hecho es gráficamente visible al analizar la figura 4.4, donde se representan las curvas resultantes de las frecuencias acumuladas de tallas por tipo de arte, y donde se observa cómo las máximas diferencias se encuentran entre el trasmallo y los restantes artes, siendo estos últimos muy parecidos entre sí. También se observa como la curva correspondiente al chambel se separa ligeramente de las de solta y palangre en un rango de tallas muy concreto, situado entre 22 cm y 23 cm.

Para analizar las desigualdades entre los rangos de tallas explotados por cada arte en comparación con cualquiera de los otros, se han representado gráficamente para cada combinación posible de dos artes, las diferencias en porcentajes de la captura por cada clase de talla (figura 4.5). Se puede observar como el trasmallo explota de forma más intensa que el resto de los artes las tallas más pequeñas de la distribución (9-19 cm), así como que el chambel, aunque captura rangos de tallas muy parecidos a soltas y palangres, incide de forma más selectiva sobre un rango de tallas muy concreto, tal y como se observó en la figura 4.1. Los dos artes que muestran las menores diferencias son la solta y el palangre que, con ligeras variaciones, prácticamente ejercen el mismo tipo de selección por tallas en la población de besugo.

4.3. Discusión.

Se entiende por el término selectividad "*cualquier factor que haga que la composición por tallas de las capturas sea diferente de la de la población o, en otras palabras, que haga que la mortalidad por pesca varíe con el tamaño (o con la edad, o con cualquier otra característica de los peces)*" (POPE et al., 1983). Según esta definición tradicionalmente se ha denominado a los artes de pesca artesanal como *selectivos*, frente a los artes de arrastre o de cerco considerados como *no selectivos*. Esta afirmación no es cierta, puesto que la selectividad que un tipo de arte concreto pueda ejercer sobre una población depende de muchos factores, entre los que se encuentran, la propia estructura del arte, sus dimensiones y el tamaño de sus mallas, el modo de operar, el área o la época

de pesca y las tallas de los individuos presentes en esas zonas o momentos, del comportamiento de los individuos, etc. Por lo tanto sólo podremos hablar, cuando se comparen dos artes, de que uno es más o menos selectivo que otro, no existiendo ninguno que pueda considerarse de modo absoluto como *no selectivo*.

En consecuencia cada arte explota diferentes rangos de tallas de los individuos de una población, es decir incide de modo más intenso sobre una fracción determinada. El conocimiento de como es esta parte de la población, el del volumen capturado y la cantidad de esfuerzo ejercido para conseguirlo, así como cuando y donde se ejerce, definirán el esquema de explotación de las pesquerías dirigidas a una especie, con las consecuentes implicaciones biológicas pesqueras.

A priori la simple visión de las diferentes distribuciones de frecuencias de tallas da una buena idea de qué rango de tamaños es más intensamente explotado por cada tipo de arte. Sin embargo, a efectos de los análisis de las posibles interacciones entre artes, que se verán más adelante, resulta interesante cuantificar de alguna manera la homogeneidad existente entre las tallas capturadas por cada arte.

Según los resultados del test Kolmogorov-Smirnov es patente la diferencia entre las distribuciones de tallas de la captura del trasmallo con respecto al resto de artes. Este tipo de arte es el que explota la gama de tallas más amplia y el único de los artesanales que incide sobre la fracción más juvenil de la población. Aunque en los trasmallos los peces son principalmente apresados en una bolsa formada por la red interna, de luz de malla más pequeña, al atravesar una de las mallas de mayor luz de los paños exteriores, dependiendo de la especie a capturar y de la luz de malla de la red interna, también pueden quedar apresados de manera similar a una solta. Por ello uno de los factores a tener en cuenta en la selectividad de los trasmallos es el de la luz de malla que se emplea en la malla central. Sin embargo para que una red de enmalle actúe de un modo selectivo

sobre un rango de tallas, es necesario que el coeficiente de colgadura de la misma sea elevado (ANÓNIMO, 1992), cosa que no ocurre en los trasmallos en los que, además, los individuos de talla más grande que no son embolsados pueden quedar enredados o enmallados de muy diversas maneras (MILLNER, 1985). Como se recordará cuando se describieron los diferentes artes, existen en la región hasta tres tipos básicos de trasmallos, que se diferencian tanto en sus dimensiones como en el tamaño de las mallas: de langosta, claros y ciegos. Aunque cada modalidad es armada en función de una especie objetivo y para una talla comercial determinada, el modo de operar de estos artes hace que corrientemente las capturas sean multiespecíficas, por lo que tampoco es de extrañar que la gama de tallas capturada de una sola especie pueda ser amplia, produciéndose las diferencias más en función de las épocas o zonas de pesca que de la propia selección producida por el tamaño de las mallas.

Con respecto al chambel, como se observaba en la figura 4.1, las diferencias con soltas y palangres se restringen prácticamente a un rango de tallas muy estrecho (22-23 cm), que es el más intensamente explotado. El factor más influyente sobre la selectividad de este aparejo es, al igual que en el palangre, el tamaño del anzuelo. El modo de operar del chambel, los tipos de fondo en los que actúa, así como la relativa homogeneidad en la zona estudiada de los materiales empleados, hace que los rangos de tallas de cualquier especie explotada sean relativamente más estrechos que los de cualquier arte (CAMIÑAS et al., 1992).

Como quedó de manifiesto en el apartado de resultados, las capturas de soltas y palangres son las más parecidas en cuanto a la gama de tallas explotadas, a pesar de las evidentes diferencias entre los dos sistemas de pesca. Un problema derivado de este hecho es la aparición de numerosos conflictos entre las flotas implicadas, tanto por la competencia por el recurso como por el espacio.

El peso total de besugo capturado por cada tipo de arte es muy variable (capítulo 3), siendo una de las menores cantidades la conseguida con los trasmallos, que es tan sólo el

2.5% de la captura total (flotas de arrastre y artesanal), suponiendo el rango de tallas que es obtenido con estos artes y no es explotado por ninguno de los otros, tan sólo un 0.02% del total.

En el marco de los estudios de dinámica de poblaciones explotadas es muy interesante el estudio de las interacciones que se producen entre los diferentes artes (flotas) por el recurso. Para ello se hace necesario conocer tanto las capturas realizadas con cada uno de los artes implicados como, en el caso de los modelos analíticos, la estructura en tallas o edad de tales capturas. Sin embargo, en muchas ocasiones el esfuerzo de muestreo humano y económico que supone el obtener dichos datos, supera con creces al propio interés de la pesquería o por lo menos no aporta datos lo suficientemente trascendentes como para afectar a los resultados finales si no son considerados.

Este parece ser el caso que nos ocupa; la pesca artesanal del besugo en la región estudiada supone un 23% del total capturado, teniendo en cuenta las cantidades comentadas recientemente con respecto al trasmallo y la relativa similaridad de las distribuciones de tallas de las capturas de cada uno de los artes, no parece necesario el establecer un esquema de muestreo por el que se obtengan ni las capturas ni las distribuciones de tallas por separado, pudiéndose considerar como un conjunto la pesca artesanal del besugo en la región.

En base a este criterio los análisis relativos a la dinámica de la población del besugo y los de transición, se han efectuado para dos grupos uno representado por la captura realizada por la flota de arrastre y otro considerando globalmente la pesca artesanal.

5. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DEL BESUGO.

Para la evaluación de las poblaciones explotadas por los métodos analíticos al uso, es necesario conocer ciertas características reproductivas de la misma, que permitan determinar el potencial reproductor de la especie y la talla de primera madurez.

Además muchos de los resultados del estudio de los aspectos reproductivos, son actualmente utilizados para la ordenación de las pesquerías. Por ejemplo, las tallas mínimas de captura permitidas por las normativas pesqueras, están basadas en gran número en los resultados de las curvas de madurez de las especies. También las épocas o áreas de puesta son puntos de referencia para establecer las regulaciones sobre vedas temporales o espaciales.

Debido al gran materia recolectado durante los años de estudio, en la presenta memoria no sólo han sido tratados aquellos aspectos de la reproducción que pudieran tener una utilidad inmediata en biología pesquera, sino también otros que aportan información general sobre la biología de la reproducción de la especie. El motivo de ello ha sido doble: primero, para aportar información complementaria que ayude al conocimiento de la dinámica de la población y segundo, ofrecer resultados sobre algunos aspectos que han sido poco tratados en la especie y nunca en el área estudiada.

5.1. Proporción de sexos, hermafroditismo, talla de primera madurez y época de puesta.

5.1.1. Material y métodos.

Para el estudio de los aspectos reproductivos del besugo se han analizado durante los cuatro años de muestreo un número total de 4284 individuos, repartidos por año como figura en la tabla 5.1. Los individuos fueron analizados en laboratorio o en buque oceanográfico registrándose para cada uno de ellos:

- La **longitud total (LT)** en milímetros, medida sobre un ictiómetro desde el extremo anterior de la boca hasta el extremo final de la aleta caudal.
- El **peso fresco (P)**, medido en balanza electrónica de precisión con una aproximación a la décima de gramo.

AÑO	n
1990	1043
1991	2330
1992	517
1993	394

Tabla 5.1. Número de individuos de *Pagellus acarne* analizados por año en los muestreos biológicos.

- El **sexo**.
- El **estado de madurez sexual (EMS)**, asignado según una escala empírica de madurez de cinco grados.
- El **peso de la gónada (PG)**, medido en balanza electrónica de precisión con una aproximación a la centésima de gramo.

Para los individuos recolectados en campañas no pudieron ser tomados los datos referentes a los distintos pesos, ya que la exactitud de los valores registrados por las balanzas electrónicas se ve muy alterada bajo ciertas condiciones meteorológicas. Por tanto, todos aquellos índices en los que interviene uno o más de los parámetros referidos al peso están basados en el muestreo de los individuos de 1990 y 1991 analizados en laboratorio, que fueron un total de 2253.

El estudio de la proporción de sexos (sex-ratio) se realizó tanto para el conjunto de las muestras de cada año como por intervalo de talla, según las observaciones de repartición numérica de cada uno de los sexos identificados macroscópicamente, por lo que no fueron considerados los individuos catalogados como indeterminados. De entre las diversas maneras de expresar la sex-ratio ha sido escogida la relación del número de machos respecto al de hembras (KARTAS y QUIGNARD, 1984).

Para estimar la talla a la cual los individuos cambian de sexo se ha utilizado el método propuesto por SHAPIRO (1984) para especies de peces hermafroditas, consistente en

analizar la zona de la distribución de frecuencias de tallas en la que se produce un solapamiento entre las tallas de machos y hembras. Esta zona de solapamiento se aísla de la distribución general por sexos para formar una nueva distribución de frecuencias de tallas, dando la mediana de la misma el valor de la talla a la que se produce la inversión sexual.

El análisis del ciclo reproductivo se ha basado en la evolución mensual del porcentaje de individuos sexualmente maduros y de la del índice gonadosomático medio (IGS). Para la clasificación de los individuos en distintas categorías de madurez sexual se ha escogido, de entre la amplia gama de escalas empíricas, una de cinco estados definida de la siguiente manera:

I. Inmaduro (EMS I): Testículos y ovarios muy pequeños y delgados. Testículos de aspecto blanquecino, ovarios translúcidos sin ovocitos a simple vista.

II. En desarrollo o recuperación (EMS II): Ovarios y testículos formados pero de pequeño tamaño. Ovarios de color débilmente rosáceo o amarillento, sin ovocitos a simple vista. Testículos blancuzcos.

III. Prepuesta o madurando (EMS III): Ovarios y testículos más gruesos y formados. Ovarios de color naranja o amarillo-naranja, siendo visibles los ovocitos a través de la membrana ovárica dándole aspecto granulado, pero sin presencia de ovocitos hidratados. Testículos de color blanco.

IV. Puesta o maduro (EMS IV): Ovarios y testículos ocupando casi toda la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja con bastante vascularización, observándose ovocitos maduros grandes y transparentes listos para la puesta. Testículos de color blanco y aspecto lechoso. Una ligera presión abdominal es suficiente para hacer efluir los huevos o el esperma.

V. Postpuesta (EMS V): Notable reducción de las gónadas, de aspecto laxo y vacío. Ovarios de color rojo oscuro conteniendo restos de ovocitos que no han alcanzado la maduración y que degenerarán. Testículos con vestigios de hemorragias que les confieren un color blanco muy oscurecido.

El porcentaje de individuos maduros se ha expresado como la proporción de individuos en estado de prepuesta (EMS III) más la de individuos en puesta (EMS IV), frente al total.

El índice gonadosomático (IGS) de cada individuo se calculó mediante la siguiente expresión:

$$IGS = \frac{PG}{P - PG}$$

donde

IGS = índice gonadosomático

PG = peso de la gónada

P = peso fresco total

El IGS medio mensual se calculó como la media aritmética simple de los IGS correspondientes a todos los individuos muestreados en cada mes.

Los valores más elevados del porcentaje de individuos maduros y del IGS medio mensual han sido utilizados para determinar el periodo de puesta de la especie.

Para estimar las variaciones estacionales de la tasa media de engorde (condición) de manera independiente de la talla y de las fluctuaciones temporales provocadas por fenómenos relacionados con la puesta y de la acumulación de reservas relacionadas con

ésta, ha sido empleado el factor de condición (FC) medio mensual, empleándose dos ecuaciones diferentes que relacionan el peso total del pez con su longitud:

$$FC = \frac{PF}{aL^b} \quad (\text{LE CREN, 1951})$$

$$FC = \frac{PF}{L^3} * 10^n \quad (\text{KARTAS Y QUIGNARD, 1984})$$

donde

- FC = factor de condición
- PF = peso fresco total en gramos
- L = talla en centímetros

siendo *a* y *b* los parámetros de la relación talla-peso (capítulo ?) y *n* un exponente utilizado para reducir el número de decimales de la expresión, considerándose en nuestro caso igual a 3, asumiendo que se produce un crecimiento en peso proporcional al cubo de la longitud (talla).

Para evitar los posibles sesgos introducidos por las variaciones en el desarrollo de las gónadas, fueron calculados también los dos índices sustituyéndose los valores de peso fresco (PF) por los de éste menos el peso de las gónadas (PSG).

Para el cálculo de la curva de madurez y de la talla de primera madurez (LPM) se consideraron como maduros todos aquellos individuos que estuvieron en un EMS III o

superior. Para la obtención de los pares de valores se agruparon los individuos de las muestras correspondientes a la época de puesta, medidos en milímetros, en clases de talla con un intervalo de 1 cm, considerándose cada intervalo definido por el valor de su límite inferior ("al centímetro inferior"); así por ejemplo la clase de talla de 20 cm, engloba a todos los individuos cuyas tallas están comprendidas entre 20.0 cm y 20.9 cm. Aunque a efectos estadísticos resulta más correcto definir cada intervalo por el valor de su punto medio, a efectos de biología pesquera es más práctico establecerlo al nivel del centímetro inferior, ya que en los muestreos masivos y periódicos que se realizan de las diferentes especies lo usual es establecer cada intervalo en centímetros de la manera explicada en las líneas precedentes, por lo que los resultados obtenidos de los muestreos biológicos son más fácilmente aplicables a los datos de los muestreos de tallas y están en mayor consonancia con los límites establecidos en la diferentes normativas pesqueras sobre limitaciones de tallas.

Para cada clase de talla se obtuvieron los pares de valores correspondientes a individuos maduros y no maduros, ajustándose los datos por mínimos cuadrados a una función de tipo logístico transformada a una recta (POPE et al., 1983) mediante las siguientes expresiones:

$$P = \frac{1}{1 + e^{a+bL}}$$

$$\text{Ln} \left(\frac{1-P}{P} \right) = a + b * L$$

donde

- P = porcentaje de individuos maduros por clase de talla
- L = clase de talla al cm
- a y b = parámetros que definen la curva

Los parámetros a y b también se han calculado según el método de PALOHEMIO y CADIMA (1964), ponderando cada observación según el número de ejemplares y su probabilidad de madurez, definiéndose estos factores ponderales (W) como:

$$W = n * P * (1 - P)$$

5.1.2. Resultados.

5.1.2.1. Sex-ratio, hermafroditismo e inversión sexual.

La proporción de sexos del total muestreado en los años 1990 y 1991 fue de 1.5 y 2.24

CAMPAÑA	SEX-RATIO
MERSEL 0691	2.5
MERSEL 0992	5.8
MERSEL 0392	4.5
MERSEL 0992	5.7
MERSEL 0693	3.2

Tabla 5.2. Valores de sex-ratio (machos/hembras) de *Pagellus acarne* encontrados en las distintas campañas MERSEL entre los años 1991 y 1993.

respectivamente, lo que arroja un claro balance positivo para los machos. Esta proporción es aún mayor si trasladamos las porcentajes correspondientes a cada clase de talla (figura 5.1) al total capturado, que para el año 1991 da un valor de 3.34, lo que supone que un 70% de la captura en peso sean individuos machos. Los valores de sex-ratio observados en las campañas MERSEL desde el año 1991 hasta 1993 también muestran esta misma

tendencia, siendo en las campañas realizadas en el mes de septiembre la proporción de machos hasta casi seis veces superior a la de hembras (tabla 5.2).

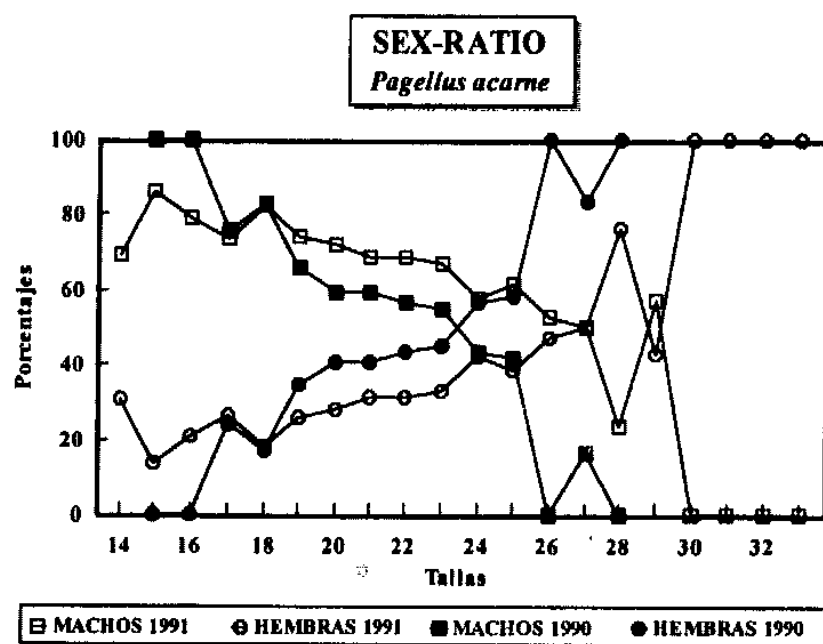


Figura 51. Sex-ratio por intervalo de talla de *Pagellus acarne* en el Mar de Alborán para los años 1990 y 1991.

Los resultados del análisis de la proporción de sexos por clase de talla muestra una composición típica de una especie con hermafroditismo protándrico (figura 5.1), siendo el porcentaje de individuos machos muy superior en las tallas más pequeñas y disminuyendo progresivamente a medida que aumentas las tallas. Por debajo de 14 cm no fue posible distinguir el sexo, por lo que no se han representado gráficamente. El rango de tallas en que aparecen individuos de ambos sexos es bastante amplio comprendiendo individuos entre los 14 cm y los 29 cm (datos de 1991) aunque las proporciones por talla son muy variables entre los años 1990 y 1991, así como la talla a la cual el porcentaje de individuos hembras comienza a ser superior al de machos, encontrándose en los 24 cm de longitud total en el año 1990 y en los 28 cm para 1991.

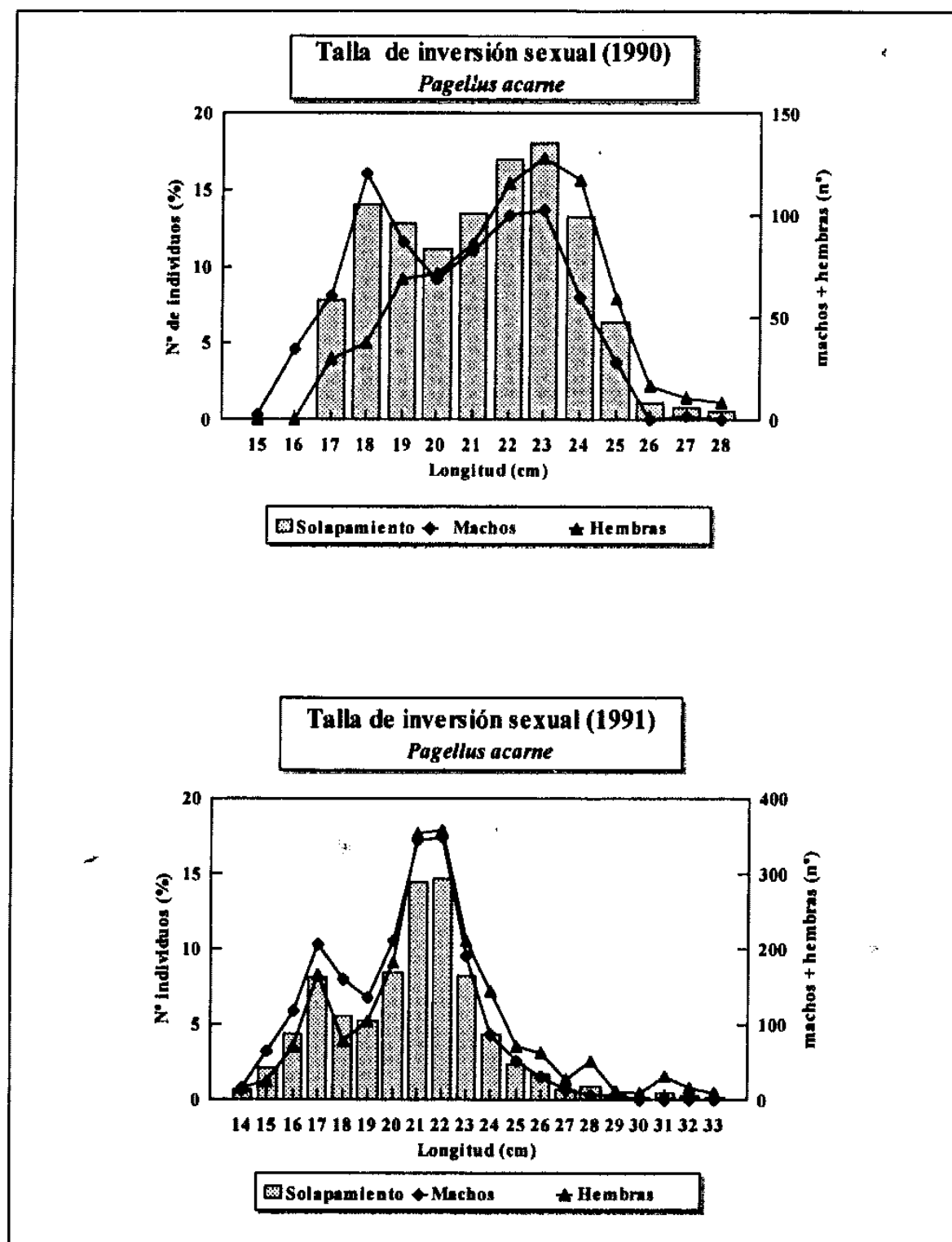


Figura 5.2. Talla de inversión sexual de *Pagellus acarne* según el método de la mediana de SHAPIRO (1984), para los años 1990 y 1991.

A partir de 28 cm, en 1990, todos los individuos muestreados fueron hembras, mientras que en 1991 es a partir de 30 cm cuando se alcanza esta proporción. A pesar de que el rango de tallas muestreado fue distinto entre ambos años, las diferencias observadas no pueden ser exclusivamente achacadas a este hecho, al menos en lo que concierne a las proporciones por sexo en las tallas intermedias, para las que el número muestreado fue suficientemente amplio en ambos años.

La aplicación del método de SHAPIRO (1984) para establecer la talla a la que se produce el cambio de sexo produce, a pesar de las diferencias observadas en las sex-ratio para ambos años, resultados muy similares (Figura 5.2) correspondiéndose dicha talla con una longitud total de 20.9 cm en 1990 y de 20.5 cm en 1991. Sin embargo el rango de tallas en las que este fenómeno puede ocurrir es muy amplio oscilando entre 14 cm y 29 cm.

5.1.2.2. Madurez sexual y época de puesta.

Para determinar la época de actividad sexual se han utilizado tanto la evolución mensual del porcentaje de individuos sexualmente maduros (EMS III y IV), así como la del IGS. Los primeros individuos maduros empiezan a aparecer en el mes de abril aunque su proporción es muy baja, siendo en el mes de mayo cuando realmente su número es ya significativo. La proporción de individuos maduros es diferente para los dos años analizados, siendo mucho más elevada en 1990 (Figura 5.3).

Aunque para el año 1990 no existen datos en los meses de agosto y septiembre, la serie para el año 1991 muestra que la actividad sexual es continua hasta el mes de octubre, si bien la proporción de individuos maduros no es coincidente en los mismos meses para ambos años. Así, en el mes de mayo de 1990, prácticamente todos los individuos analizados se encontraban en EMS III ó IV siendo ligeramente superior al 60% en 1991.

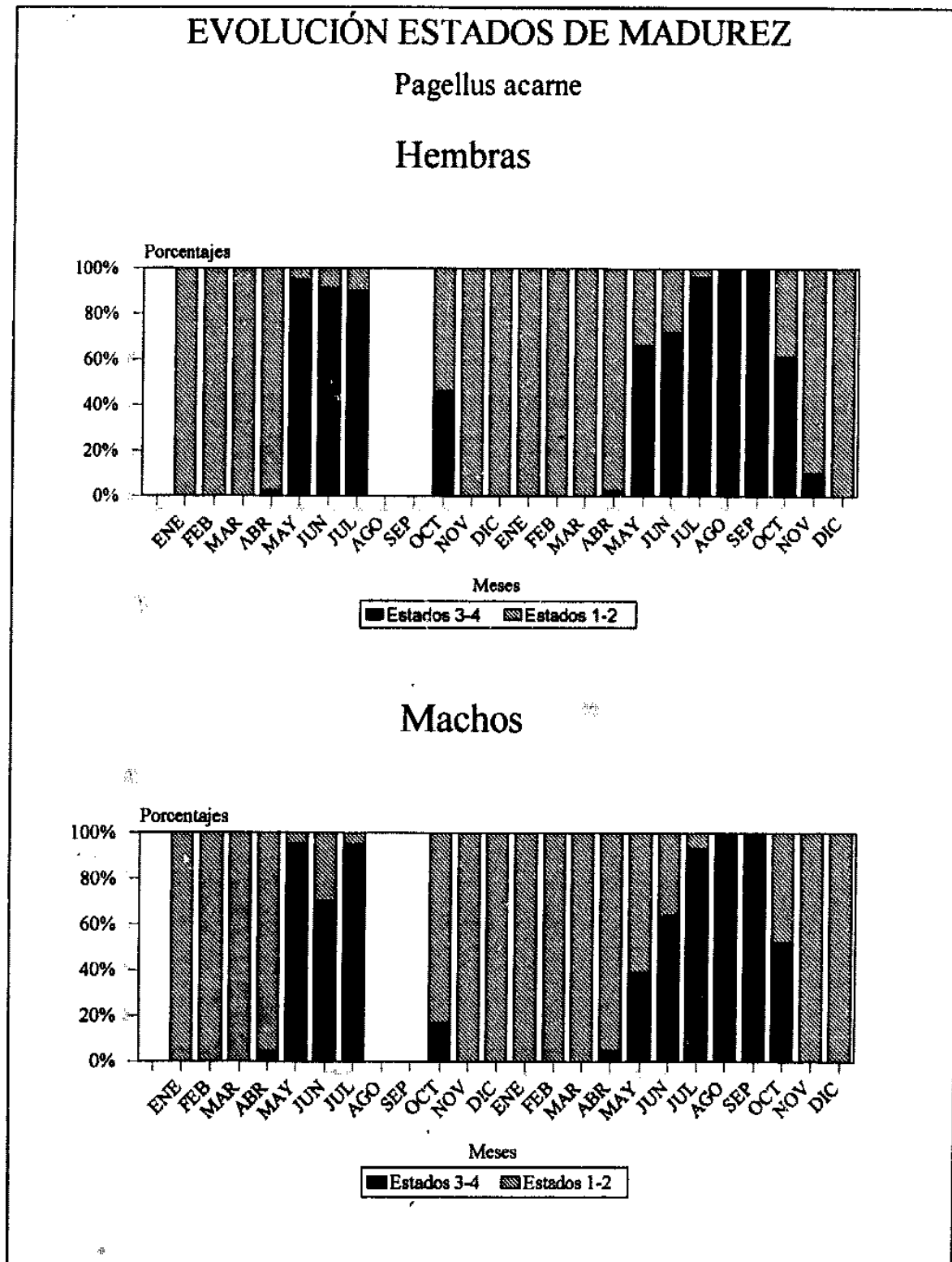


Figura 5.3.- Proporción mensual de individuos sexualmente maduros de *Pagellus acarne* durante los años 1990 y 1991.

Por otro lado la proporción de individuos maduros en el mes de octubre de 1991 es muy superior a la observada en 1990, donde, en el caso concreto de los machos, esta proporción es muy baja. Por lo tanto podríamos considerar que el periodo de madurez sexual abarcó desde mayo a septiembre en 1990 y hasta octubre en 1991, siempre y cuando en los meses de agosto y septiembre de 1990 la proporción de individuos se comportara de manera similar al siguiente año. En cualquier caso, en 1991 el periodo de madurez sexual fue más largo, siendo además la intensidad del fenómeno de madurez diferente según los meses en ambos años. Tal como se observa en la figura 5.3 no parecen existir grandes diferencias entre las proporciones mensuales de machos y hembras maduros.

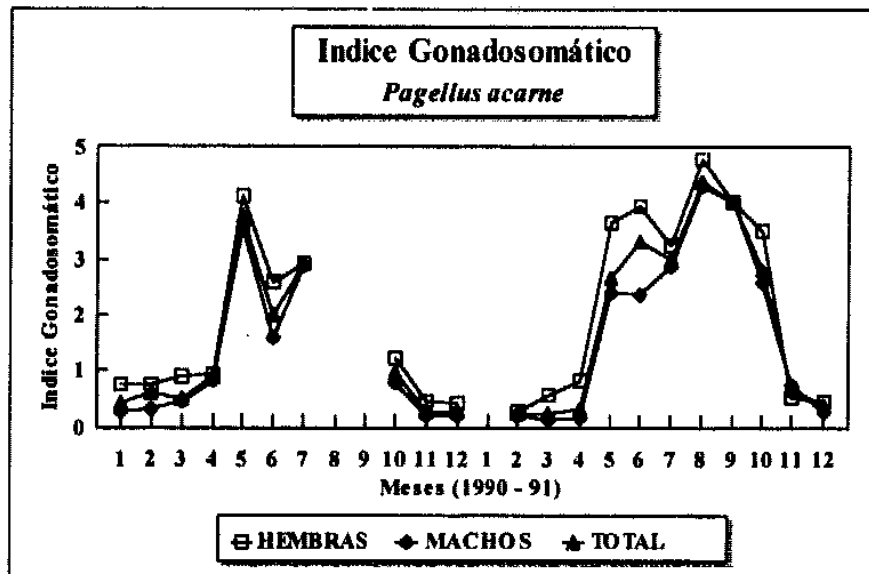


Figura 5.4. Evolución mensual del Índice Gonadosomático en los años 1990 y 1991.

La evolución del índice gonadosomático (figura 5.4) muestra que la puesta ocurre entre los meses de mayo y octubre (datos de 1991), pareciendo existir dos picos de máxima

intensidad situados en mayo (1990) o junio (1991) y en agosto (1991), coincidiendo, en líneas generales, con lo observado anteriormente. Para ambos años, aunque mucho más patente en 1990, parece existir un periodo intermedio en el que la actividad de la puesta disminuye, situándose en junio en 1990 y en julio en 1991. Los valores del IGS para los machos fueron menores en todos los meses analizados, debido al menor tamaño relativo de sus gónadas, aunque las diferencias observadas no son muy grandes, siendo la evolución de su índice paralela al de las hembras.

Para la elección del factor de condición más adecuado de los dos ensayados, fueron inicialmente estimados ambos por clase de talla, con el objeto de elegir aquel que mostrara una menor dependencia de la misma. Los resultados para los años 1990 y 1991 se muestran en la figura 5.5. En 1990, parece observarse que la ecuación de KARTAS y QUIGNARD (1984), FC1 en la figura 5.5, muestra una mayor dependencia de la talla disminuyendo a medida que ésta aumenta. Sin embargo esta tendencia parece ser de signo contrario en 1991. El otro índice empleado (LE CREN, 1951), se comporta de manera similar en ambos años, no observándose ninguna tendencia clara (FC2 en la figura 5.5). En cualquier caso, las diferencias observadas son lo suficientemente pequeñas como para poder rechazar uno u otro por una variación dependiente de la talla.

La estimación de ambos índices considerando en las ecuaciones como variable peso el peso fresco menos el peso de la gónada, muestran valores muy similares a los del caso anterior, no pareciendo introducir el peso de la gónada sesgos importantes.

En función de estos resultados y para el análisis de la evolución en el tiempo de las modificaciones de la tasa media de engorde, nos hemos decidido para representar como factor de condición de la especie el debido a KARTAS y QUIGNARD (op. cit.), que para los propósitos perseguidos resulta más simple y es además uno de los más utilizados en biología pesquera por lo que es más fácilmente comparable (figura 5.6).

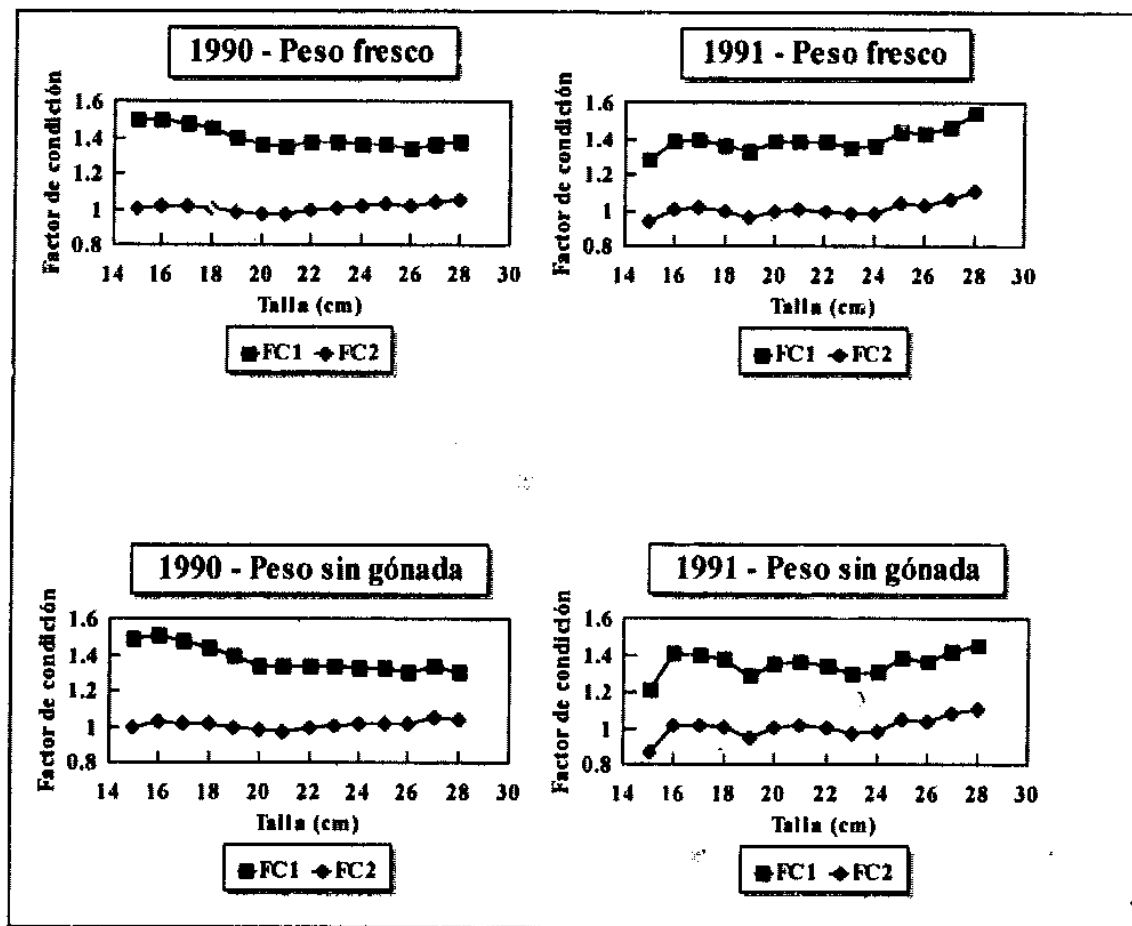


Figura 5.5. Factores de condición considerando peso fresco y peso fresco menos el peso de la gónada de *Pagellus acarne* en los años 1990 y 1991. FC1 = Factor de condición según KARTAS y QUIGNARD (1984). FC2 = Factor de condición de LE CREN (1951).

La evolución del factor de condición muestra una tendencia muy similar a la del IGS con máximos en los meses de mayo de ambos años y de septiembre en 1991. El índice se mantiene en los valores más bajos en el periodo no reproductivo, para aumentar paulatinamente con la época de puesta. Los máximos que se observan coinciden con los observados en la evolución temporal del IGS (figura 5.4), lo que denota la mejor condición de los individuos en los momentos álgidos de la puesta. Se observa además un brusco descenso en el periodo de puesta intermedio entre los dos picos de máximo valor

del factor de condición, coincidiendo en el tiempo con los descensos observados en el IGS.

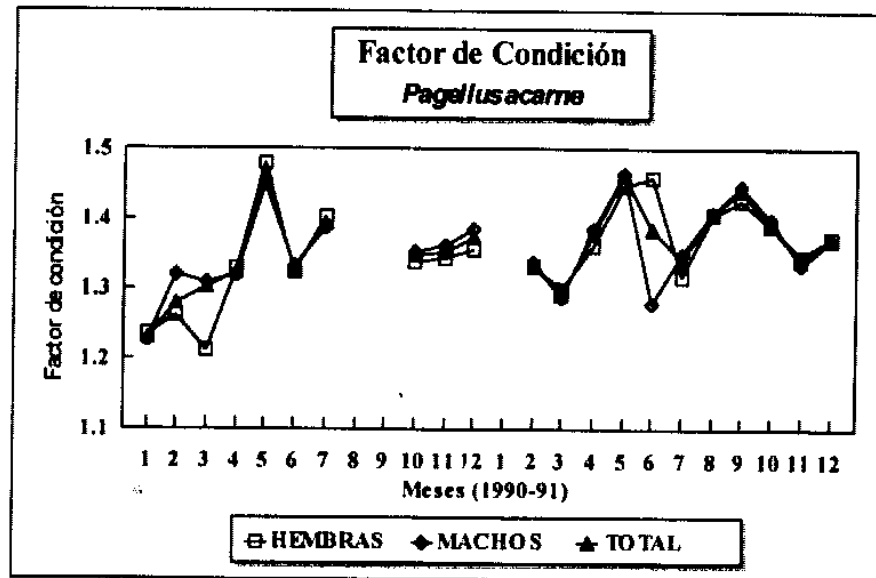


Figura 5.6. Evolución mensual del Factor de Condición (KARTAS Y QUIGNARD, 1984) en los años 1990 y 1991.

5.1.2.3. Talla de primera madurez.

La talla de primera madurez se define como aquella a la que el 50 % de los individuos de la población son sexualmente maduros. Como se mencionó en el apartado de metodología, para su estimación se han ajustado los datos de pares de valores de individuos maduros y no maduros, correspondientes exclusivamente a la época de puesta, mediante dos funciones: logística (POPE et al., 1983) y logística ponderada (PALOHEMIO y CADIMA, 1964).

Como recientemente hemos visto *Pagellus acarne* es una especie con hermafroditismo protándrico, por lo que la talla de primera madurez debe ser calculada exclusivamente para los individuos machos, puesto que, en principio, las hembras ya han pasado por una fase de macho y por lo tanto por una de madurez. Por ello, los dos tipos de ajustes se han efectuado para los individuos machos de los años 1990, 1991, 1992 y 1993, correspondiendo las muestras de estos dos últimos años a las obtenidas en las correspondientes campañas MERSEL.

Como se discutirá más adelante existen individuos que no desarrollan la porción macho de la gónada, madurando por primera vez como hembras. Por este motivo, los distintos ajustes se han realizado también tanto para machos como para hembras, considerando los datos correspondientes a los años 1990 y 1991 conjuntamente, ya que el número muestreado de hembras maduras de pequeña talla no era suficiente en un solo año y con la intención de poder analizar las posibles diferencias.

Los resultados de todos los ajustes realizados se resumen en la tabla 5.3 donde figuran los valores estimados para los parámetros a y b, el número de pares de valores utilizados para cada ajuste, la longitud total en la que el 25 %, el 50 % (talla de primera madurez) el 75 % y el 95 % de los individuos han alcanzado la madurez y el valor del coeficiente de regresión de cada uno de los ajustes.

Como se observa en la tabla 5.3 en todos los casos excepto en el primero (machos de 1990), el método por mínimos cuadrados es el que mejor parece ajustarse a los valores observados, por lo que parece el mejor para la estimación de la talla de primera madurez. En cualquier caso y para la mayoría de los años o combinaciones de estos ensayados, excepto, quizás, para 1992, siempre es posible encontrar un ajuste lo suficientemente bueno para la estimación de los porcentajes de madurez por clase de talla.

	Ajuste	a	b	r	n	L25	L50	L75	L95
1990 m	1	-23.1628	1.205513	0.99	7	18.30	19.21	20.12	21.66
	2	-50.9996	2.659452	0.70	7	18.76	19.18	19.59	20.28
1991 m	1	-16.3597	0.860754	0.94	14	17.73	19.01	20.28	22.43
	2	-28.3280	1.483778	0.95	14	18.35	19.09	19.83	21.08
1992 m	1	-11.1809	0.586966	0.80	7	17.18	19.05	20.92	24.07
	2	-18.1290	0.883076	0.53	7	19.29	20.53	21.77	23.86
1993 m	1	-6.4978	0.337819	0.79	11	15.98	19.25	22.49	27.95
	2	-8.00511	0.423234	0.92	11	16.32	18.91	21.51	25.87
1990/91 m	1	-26.3312	1.382128	0.97	10	18.26	19.05	19.85	21.18
	2	-29.0570	1.524296	0.98	10	18.34	19.06	19.78	20.99
1990/91 h	1	-11.6066	0.619866	0.91	9	16.95	18.73	20.50	23.47
	2	-12.1133	0.633830	0.93	9	17.38	19.11	20.84	23.77

Tabla 5.3. Valores de los parámetros (a y b) de los ajustes de las logísticas de madurez, del coeficiente de regresión (r), de la talla de madurez al 25 % (L25), al 50 % (L50, talla de primera madurez), al 75 % (L75) y al 95 % (L95); n= número de pares de valores ensayados; m= machos, h= hembras. 1= método de PALOHEMIO y CADIMA (1964), 2= por mínimos cuadrados (POPE et al., 1983). Resaltado en sombra el tipo de ajuste con mayor coeficiente de regresión.

En las curvas de madurez, donde se representan gráficamente los resultados numéricos, se aprecia además como los valores esperados se ajustan bien a los observados, lo que confirma decididamente la simetría de la curva y por lo tanto la bondad de los ajustes, al menos en aquellos casos (años 1990 y 1991) en los que se contemplan muestras de todo el periodo reproductivo (figura 5.7).

Para los años 1992 y 1993 existe una mayor dispersión de los valores observados respecto a los ajustes (figura 5.7), aunque no podemos olvidar que son producto de muestreos realizados en un espacio de tiempo muy corto (el correspondiente a la duración de las campañas). Estos ajustes probablemente no reflejen bien el proceso completo de maduración, tanto por el menor número de individuos muestreados, siempre más pequeño en los extremos de las distribuciones por clases de tallas, como por los factores asociados a fenómenos temporales que puedan afectar a dicho proceso.

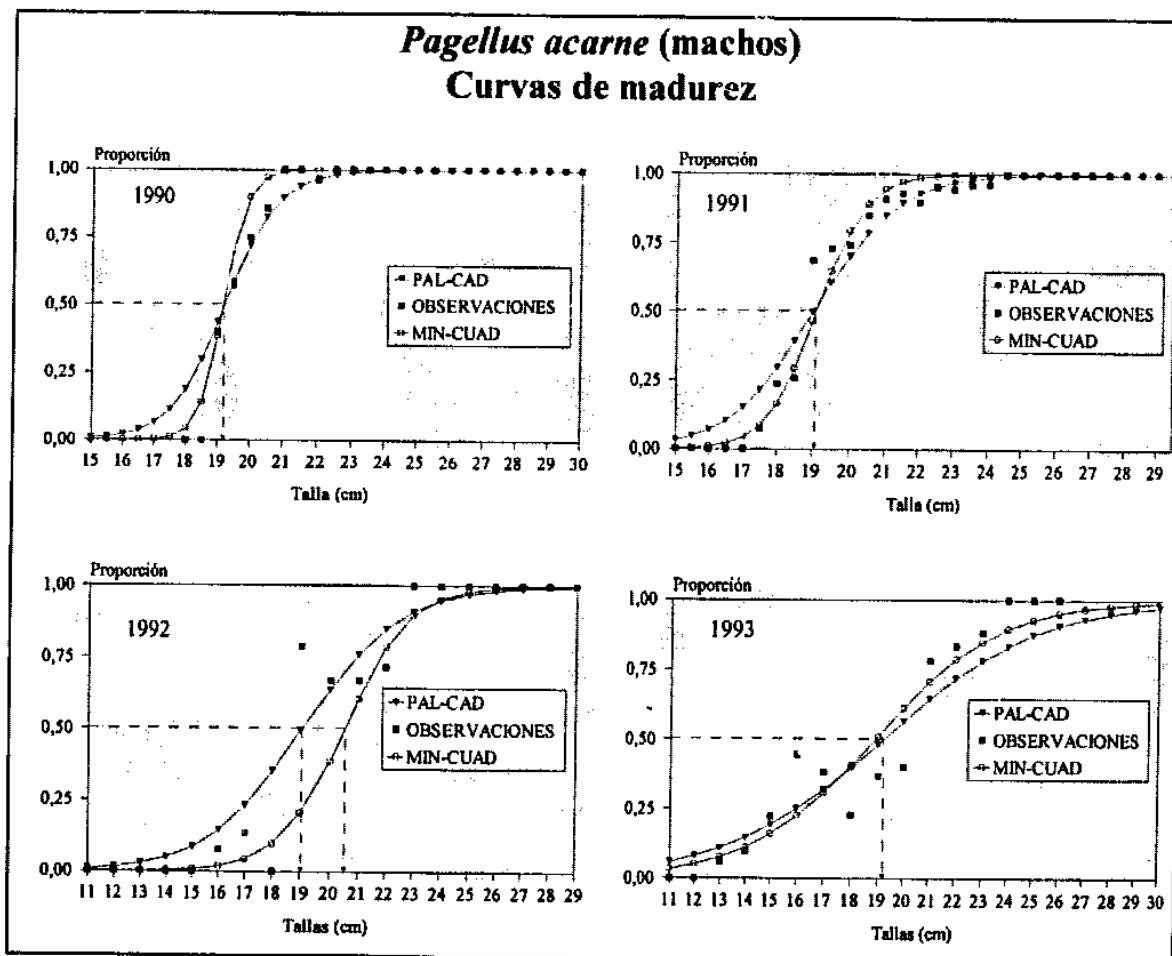


Figura 5.7. Ajustes por mínimos cuadrados y por el método de Palohemio y Cadima, para el cálculo de la talla de primera madurez (L50) del besugo en el Mar de Alborán para los años 1990, 1991, 1992 y 1993. Marcado con línea discontinua la L50.

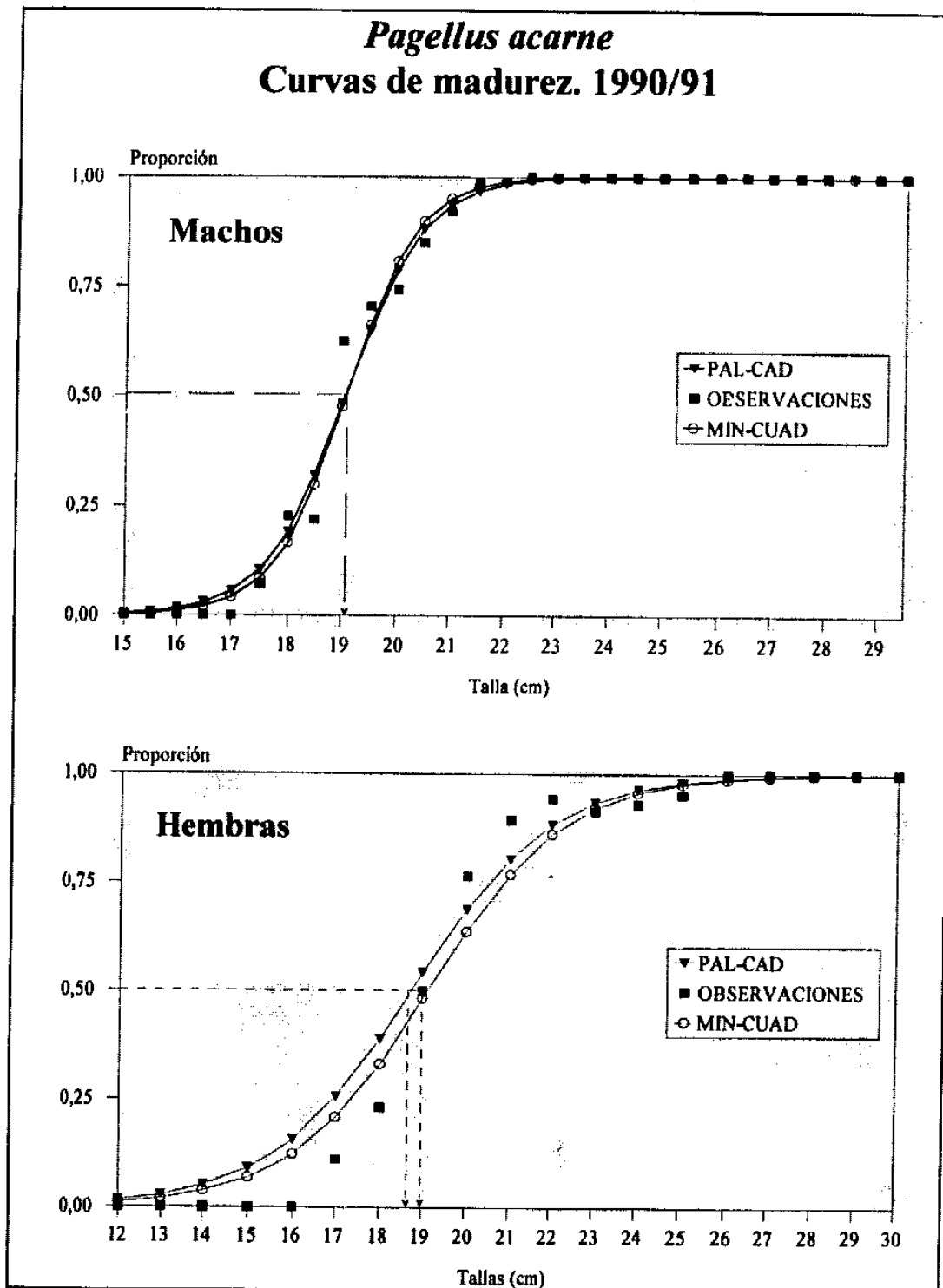


Figura 5.8. Ajustes por mínimos cuadrados y por el método de Palohemio y Cadima, para el cálculo de la talla de primera madurez (L50) del besugo en el Mar de Alborán, por sexos y para el periodo 1990-1991. Marcado con línea discontinua la L50 de cada tipo de ajuste.

Los valores que mejor definen por tanto el proceso de maduración del besugo en el Mar de Alborán, son los correspondientes a los ajustes de los años 1990 y 1991, pudiéndose establecer como valores únicos los estimados considerando en conjunto los muestreos de ambos años para los machos, estando localizada la talla de primera madurez en 19 cm de longitud total (figura 5.8).

A pesar del proterandrismo de la especie los ajustes de los datos de las hembras muestran valores de L50 muy parecidos a los de los machos, aunque como se observa en la figura 5.8, los porcentajes observados parecen ajustarse mejor a una curva de tipo asimétrico, por lo que las L50 podrían estar ligeramente subestimadas.

En la forma de las curvas se observa que poseen una pronunciada pendiente, lo que muestra que el proceso de maduración ocurre de manera muy rápida (Figura 5.8). De hecho, el rango de tallas en el que se encuentra el mayor porcentaje de individuos maduros (L25-L75) es muy estrecho, estando comprendido tan solo entre 18.34 cm y 19.78 cm, en el caso del considerado como mejor ajuste (por mínimos cuadrados para los machos muestreados en los años 1990 y 1991). Además, la talla de maduración masiva (L95), es decir aquella a la que podríamos considerar que todos los individuos son maduros se situaría en este último caso en 21 cm de longitud total.

5.1.3. Discusión.

Aunque la mayoría de los peces teleósteos son heterosexuales la existencia del hermafroditismo no es un fenómeno raro, ocurriendo en 13 familias. Se reconocen dos tipos de hermafroditismo (YAMAMOTO, 1969, citado por GOLD, 1979) : **sincrónico**, cuando ambos sexos son más o menos funcionales simultáneamente, caso de algunas especies de la familia *Serranidae* o del orden *Myctophiformes*, y **asincrónico** o hermafroditas secuenciales (protándricos o protogínicos), caso de especies de las familias *Serranidae*, *Maenidae* o *Sparidae*.

Los hermafroditas secuenciales son aquellos que funcionan como un sexo cuando se trata de individuos jóvenes y posteriormente, a una edad más avanzada, se transforman al otro sexo. Las formas protándricas funcionan primero como machos y luego como hembras, mientras que las protogínicas los hacen en sentido contrario. Una característica común a estos hermafroditas es que las formas juveniles poseen tanto tejido ovárico como testicular.

Las bases fisiológicas y genéticas de la sexualidad en los hermafroditas no son bien conocidas, habiéndose formulado hipótesis que postulan una programación genética del cambio de sexo a una determinada talla (edad) independientemente de otros factores. Otras hipótesis dan más importancia a una inducción por factores sociales o medioambientales (SHAPIRO, 1984).

De las 23 especies de Espáridos que se distribuyen por el Mediterráneo se reconocen casos de hermafroditismo en 16 de ellas, de las que ocho son protándricas, al menos en algunos especímenes (WHITEHEAD et al., 1986) siendo el hermafroditismo protándrico de *Pagellus acarne* bien conocido tal y como ya lo describió ALEKSEEV (1967). Este autor analizó histológicamente gónadas de especímenes de besugo de las aguas nororientales de África, encontrando que todos los individuos juveniles (8-11 cm) poseían gónadas hermafroditas en las que la región testicular estaba anatómica e histológicamente más desarrollada. Estudiando el desarrollo posterior de las gónadas concluyó que la población de besugo estaba formada por individuos hermafroditas inmaduros, hermafroditas que funcionan como machos y hembras invertidas que provienen bien de machos funcionales (la mayoría), o de hermafroditas inmaduros (los menos).

Nuestras observaciones a nivel macroscópico para el besugo del Mar de Alborán coinciden con los resultados dados por este autor, y los datos obtenidos así parecen demostrarlo. En la inmensa mayoría de los machos examinados es posible identificar la parte correspondiente a la región ovárica mientras que en las hembras no, ya que la región testicular se reabsorbe completamente. Por otro lado, en los individuos inmaduros

en los que es posible identificar las gónadas a simple vista resulta bastante clara la presencia de ambas regiones sexuales. Además parece claro que existen individuos que no pasan en ningún momento por una fase funcional de macho, permaneciendo como hembras durante toda su vida, puesto que hemos encontrado algunas hembras en EMS II de un tamaño lo suficientemente pequeño (14 cm de LT) como para que no hayan podido alcanzar la madurez sexual como machos en un ciclo reproductor anterior. De la misma manera una parte de la población se comporta, a efectos prácticos, como machos durante toda su vida, a pesar de que potencialmente puedan sufrir la inversión sexual, ya que es frecuente encontrar machos de tallas bastante grandes y que están cerca del fin de su ciclo vital por lo que es más que probable que no dispongan del tiempo necesario para sufrir la inversión. De hecho existen evidencias en *Pagellus erythrinus* (hermafrodita protogínico) de que la inversión sexual puede no ser completada (LARRAÑETA, 1964).

Un mecanismo similar al precedente de diferenciación e inversión sexual, es descrito para *Pagellus erythrinus* en el Mediterráneo por GIRARDIN (1981), y por el propio ALEKSEEV (1982) para otras cuatro especies protogínicas del género *Pagrus* de la costa noroccidental africana. Según D'ANCONA (1950, citado por LARRAÑETA, 1964) la organogénesis de la gónada bisexual en los espáridos tiene un origen común, existiendo dos zonas que se diferencian en cada uno de los sexos, pudiéndose desarrollar las dos zonas con maduraciones sucesivas, o sólo una con regresión de la otra. Por lo tanto inicialmente todos los espáridos parecen ser potencialmente hermafroditas, suceso que parece confirmarse por el hecho de que en algunas especies consideradas como gonocóricas funcionales puedan ocasionalmente aparecer individuos hermafroditas secuenciales, caso de *Dentex dentex*, *Diplodus annularis* o *Diplodus sargus* (WHITEHEAD et al., op. cit.). Por lo tanto el modelo propuesto por ALEKSEEV (1967) parece ser aplicable a la mayoría de las especies de espáridos.

Los valores aportados por diversos autores sobre las proporciones de sexos en *Pagellus acarne* son muy variables. Así ALEKSEEV (1967), en aguas de África nororiental,

encuentra que la sex-ratio puede fluctuar en un rango muy amplio, sufriendo variaciones interpoblacionales o intrapoblacionales en diferentes años. Un rango de tallas en el que ocurre la inversión sexual tan amplio como el anterior (12-30 cm), es el observado por DOMANEVSKAYA (1987) en el mismo área. Por otro lado LAMRINI (1986) en aguas del Marruecos atlántico encuentra que la sex-ratio, aunque con variaciones estacionales, es favorable a las hembras observando un 47 % de hembras frente a un 11 % de machos (el resto son considerados hermafroditas). Los valores encontrados por ANDALORO (1983) en aguas italianas se acercan más a los observados por nosotros, al menos en lo que en el sentido del balance de sexos se refiere, aunque no en su magnitud (57.5 % de individuos machos y el resto hembras); sin embargo difiere notablemente en la talla máxima a la que se pueden encontrar individuos machos (25 cm).

En función de la información aportada por los autores mencionados y de la presentada en este estudio, parece que las proporciones sexuales pueden variar mucho entre distintas poblaciones o incluso en la misma población en diferentes años (Figura 5.1). Por otro lado, también parece que la talla (o edad) a la que se produce la inversión sexual puede variar. ALEKSEEV (1967) encuentra que la inversión se produce después de la puesta y se completa de manera total en el siguiente periodo reproductor, ocurriendo en individuos entre 12 cm y 29 cm de longitud total. Nuestras observaciones muestran que este fenómeno puede ocurrir entre 14 cm y 29 cm, por lo que no podemos descartar que la talla de inversión sexual tal y como ha sido definida pueda tomar valores muy diferentes en distintos años, a pesar de que para los dos años en que se ha calculado sean muy parecidas.

La época de puesta, como se desprende de la evolución anual del IGS y de los estados de madurez, parece estar bien localizada en el periodo comprendido entre finales de la primavera y principios del otoño. La amplitud de este periodo, que ocupa casi la mitad de un ciclo anual, parece ser una constante para el besugo, tanto en aguas del Mediterráneo (ANDALORO, 1982,1983) como en las atlánticas adyacentes (LAMRINI, 1986).

Periodos igualmente largos han sido también observados para muchas otras especies de la familia *Sparidae*, tales como *Pagrus caeruleostictus* en aguas de Túnez (CHACROUN-MARZOUK y KARTAS, 1987), *Spondyllosoma cantharus* en el banco sahariano (BALGUERÍAS, 1993), o *Boops boops*, *Diplodus sargus cadenati*, *Diplodus vulgaris*, *Lithognathus mormyrus* o *Pagellus erythrinus*, en aguas de Canarias (GONZÁLEZ et al. 1990), por citar algunos ejemplos.

Si bien la duración del periodo de puesta parece muy similar tanto para el besugo como para otros espáridos en diferentes zonas geográficas, la época en que ocurre la freza puede variar mucho según el área que ocupan las distintas poblaciones. En la tabla 5.4 se recogen las épocas de puesta de diferentes poblaciones de besugo, registradas por diversos autores. Tanto los periodos reproductivos citados para el Mediterráneo, como los de las aguas atlánticas de Marruecos, son muy similares al observado en este trabajo, existiendo tan solo ligeras diferencias en el número de meses en los que ocurre la freza, pero estando en todos los casos muy centralizada hacia el verano.

	ÉPOCA DE PUESTA	ÁREA GEOGRÁFICA
LE-TRONG PHAN y KOMPOWSKY (1972)	Noviembre - Marzo	Río de Oro-Cabo Blanco
ANDALORO (1982)	Junio - Noviembre	Mediterráneo occidental
ANDALORO (1983)	Julio - Septiembre	Mediterráneo occidental
LAMRINI (1986)	Verano	Marruecos atlántico
DOMANEVSKAYA (1987)	Otoño-Invierno	Sahara
DOMANEVSKAYA (1987)	Primavera-Verano	Marruecos atlántico
GONZÁLEZ et al. (1990)	Noviembre - Abril	Canarias
GONZALEZ PAJUELO y LORENZO NESPEREIA (1994)	Octubre - Marzo	Canarias

Tabla 5.4. Época de puesta de *Pagellus acarne* en distintas áreas geográficas, según diversos autores.

Sin embargo, es bastante destacable el hecho de que los periodos reproductivos registrados en áreas más al sur de los 30° N, sean completamente diferentes, localizándose la puesta principalmente en los meses de invierno. Una excepción a esta tónica es el dato registrado por LAMRINI (1986), que sitúa la época de puesta del besugo en un área comprendida entre Cabo Bojador (26° N) y Cabo Blanco (21° N), entre los meses de Marzo y Noviembre con un máximo en verano, en clara contraposición a lo observado por LE TRONG PHAN y KOMPOWSKY (1972) o DOMANEVSKAYA (1987).

Por otro lado, según algunos autores, los periodos de puesta del besugo parecen estar muy relacionados a la presencia de aguas más frías, producto de la aparición de fenómenos de afloramiento. Esta relación ha sido puesta de manifiesto tanto para áreas del atlántico nororiental (DOMANEVSKAYA, op. cit.) como para el Mediterráneo marroquí (DOMANEVSKAYA, 1982), aunque en éste último caso el autor solo aporta información sobre la coincidencia de la zona de afloramiento de aguas profundas con la de puesta, sin especificar si se producen en el mismo espacio de tiempo.

A lo largo de la costa noroccidental africana existen tres regiones diferenciadas en función de la época de aparición de los afloramientos (BELVEZE ,1984, citado por GARCÍA, 1993):

- Al norte de 25° N se manifiesta en verano, principalmente entre Cabo Sim (31° N) y Cabo Bojador (26°N).
- Al sur de los 20° N (entre Cabo Blanco y Cabo Verde), aparece en invierno-primavera.
- Entre estos límites (20° N - 25° N), existe uno permanente, con actividad reforzada en primavera cuando el afloramiento se desplaza hacia el norte y en otoño cuando se desplaza hacia el sur.

Según esta dinámica de los afloramientos parece más que probable que las épocas de puesta del besugo estén condicionadas por la existencia de los mismos. El dato discordante recogido por LAMRINI (op. cit.), puede explicarse por el desplazamiento latitudinal del afloramiento según las épocas en la zona donde éste se manifiesta durante todo el año, más si tenemos en cuenta que los muestreos en los que se basa este autor fueron realizados sólo en tres meses del año, de los que ninguno correspondía a la estación invernal.

Sin embargo, la existencia de los datos aportados por GONZÁLEZ et al. (1990) y GONZÁLEZ PAJUELO y LORENZO NESPEREIA (1994), que localizan la época de puesta del besugo en las Islas Canarias en invierno, vuelven a aumentar la confusión sobre el periodo estacional de reproducción de *Pagellus acarne* en África noroccidental, habida cuenta de que la dinámica oceanográfica en tales islas está muy relacionada con la existente en las aguas continentales próximas.

En el caso particular del Mediterráneo, incluyendo los datos que se presentan en este estudio, la localización de la época de puesta, con ligeras variaciones, es bastante homogénea. No ocurre lo mismo si el factor condicionante del inicio de la misma, al menos en nuestro caso, tiene que coincidir con el hecho de la aparición de afloramientos de aguas más frías y profundas.

La existencia de afloramientos costeros provocados por la presencia de remolinos ciclónicos en el Mar de Alborán está bien referenciada, siendo la intensidad de los mismos y su localización espacio-temporal muy variable (CANO, 1977, 1978; GIL, 1985). Probablemente la influencia del régimen estacional de vientos sea uno de los factores más importantes, por lo que la dominancia de vientos de poniente en invierno convierten a esta estación como la más propicia para la aparición de aguas profundas, más frías y ricas (CANO, com. pers.). Sin embargo fenómenos de afloramiento también han sido registrados en primavera y verano (CANO, 1977; GIL, 1985).

A la vista de estos datos no parece que la época de puesta del besugo en la zona estudiada esté condicionada por la aparición de fenómenos de afloramientos, al menos de forma tan exclusiva como parece referenciarse para las costas noroccidentales africanas.

De hecho los picos máximos registrados del IGS en besugo en el Mar de Alborán, coinciden con la presencia en superficie de aguas más cálidas y no con una situación generalizada de aparición de aguas frías (datos del Centro Oceanográfico de Fuengirola del Instituto Español de Oceanografía, figura 5.9). Aunque no puede descartarse, sin embargo, que cambios en un corto espacio de tiempo de la temperatura del agua, provocados por algún tipo de factor hidrológico o meteorológico, sean los causantes de la aparición de los actos de freza (DOMANEVSKAYA, 1987).

Pagellus acarne

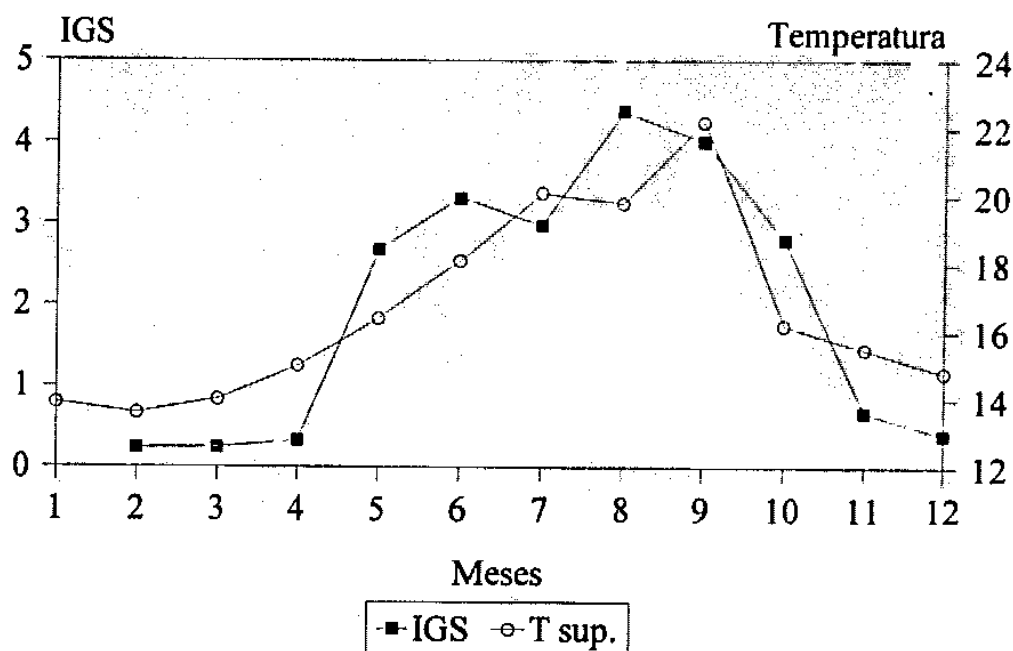


Figura 5.9. Evolución mensual del IGS del besugo en el Mar de Alborán y de la temperatura superficial en Fuengirola, a lo largo de 1991.

Las zonas de puesta del besugo parecen estar asociadas a áreas de la plataforma en las que se observan afloramientos de aguas profundas (DOMANEVSKAYA, 1982), fenómeno que también ocurre en otras especies, como por ejemplo en clupeidos (ROY et al., 1989), lo que parece indicar una adaptación de la estrategia reproductiva a la impredecibilidad del medio dirigida al éxito de algunos de los actos de puesta, dado el carácter variable de la intensidad y localización espacio-temporal de los afloramientos.

La producción de un gran número de huevos, como ocurre en muchas de las especies de la familia *Sparidae*, en un periodo de puesta muy extendido en el tiempo, permiten tanto a los huevos como a las larvas encontrar una amplia gama de condiciones ambientales. Esta forma de reproducción, descrita como *bet hedging* (LAMBERT y WARE, 1984), ocurre en especies de espáridos tanto de aguas tropicales como de templadas y frías, por lo que, al contrario que en el caso anterior, parece ser más una tendencia filogenética que una adaptación específica del modo de reproducción a condiciones medioambientales particulares (SCOTT y PANKHURST, 1992).

El conjunto de todos los aspectos asociados a las épocas y áreas de puesta del besugo comentados anteriormente, parecen ser más propios de una especie de las denominadas *pelágicas* que *demersales*, como tradicionalmente ha sido caracterizada *Pagellus acarne*.

De los métodos ensayados para el cálculo de la talla de primera madurez, el ajuste a una logística por mínimos cuadrados se mostró como el más adecuado para la definición de la curva que representa los porcentajes de madurez por clase de talla de los individuos machos, quedando patente la simetría de la misma. En muchos espáridos la distribución de los pares de valores talla-porcentaje de madurez, parece no seguir un patrón simétrico por lo que han sido empleados otros métodos de ajuste a curvas asimétricas, tales como el de Gompertz (POPE et al., 1983) o el de GULLAND (1969). Referencias al primero pueden ser encontradas en LOZANO et al. (1990) y al segundo en BALGUERÍAS (1993).

Sin embargo, estos modelos no han sido ensayados en nuestro caso, puesto que a pesar de contar con la ventaja de que, a menudo, responden mejor a la forma de la curva definida por los valores observados, presentan también algunos inconvenientes. El método de Gulland no permite el cálculo del porcentaje de individuos maduros por clase de talla, que es un dato básico para el conocimiento del stock reproductor para su inclusión en los modelos de dinámica de poblaciones que serán ensayados más adelante. Por otra parte, el modelo de Gompertz, tiene el punto de inflexión en un valor aproximado al del 37% de proporción de individuos maduros, claramente a la izquierda del valor del 50% por lo que el ajuste es necesariamente peor (ASTUDILLO y SÁNCHEZ, 1989).

Pagellus acarne

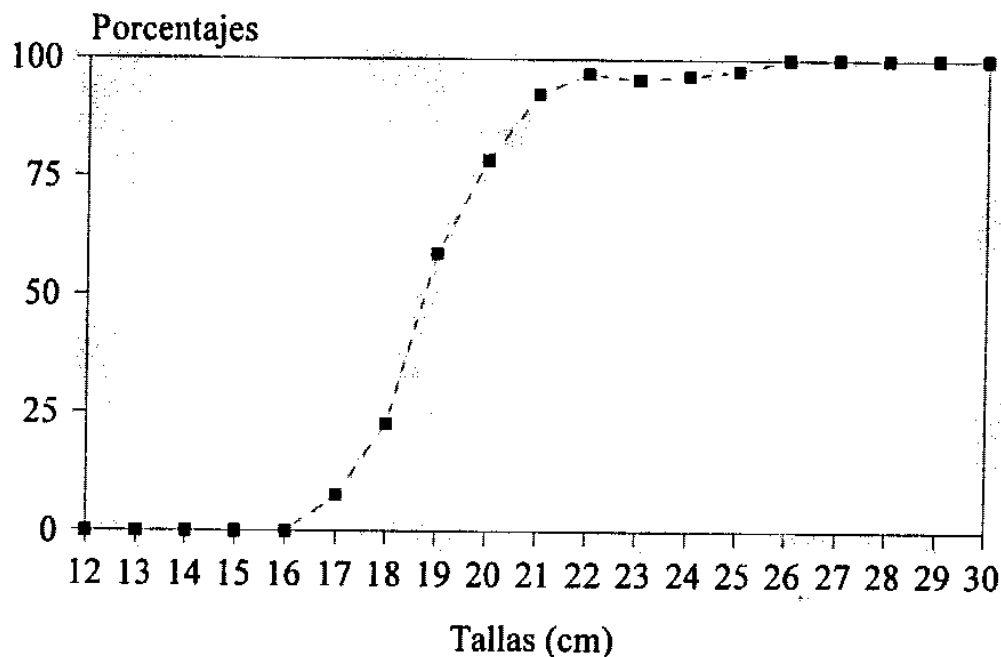


Figura 5.10. Porcentajes de madurez observados por clase de talla para el total de especímenes (machos y hembras) de *Pagellus acarne* en el periodo 1990 - 1991.

En el caso de las hembras, como vimos en los resultados, el ajuste que mejor podría explicar los datos sería uno de tipo asimétrico, lo que resulta lógico debido al acusado protandrismo de la especie, que motiva que la distribución de tallas de las hembras tenga mayor peso hacia la derecha de la misma. Aunque en el caso de los machos podría ocurrir el caso contrario vemos que no es así, lo que puede quedar explicado en función del amplio rango de solapamiento de tallas en que se produce la inversión sexual. En cualquier caso la talla de primera madurez de las hembras coincide casi exactamente con la de los machos (tabla 5.3 y figura 5.8), no habiéndose detectado en la representación de los pares de valores relativos al total de individuos una distribución en la que se ocultan dos curvas de madurez, una para los machos y otra para las hembras (figura 5.10). Este fenómeno de enmascaramiento de dos curvas diferentes ocurre en algunas especies protoginas de la familia, caso de *Pagellus erythrinus* o *Spondyliosoma cantharus*, produciendo una diferencia muy acentuada de la talla de primera madurez entre ambos sexos (LOZANO et al., 1990; GONZÁLEZ y LOZANO, 1992).

Los ajustes realizados para los individuos machos en los cuatro años analizados confirman que el valor de L50 está situado en valores muy próximos a una longitud total de 19 cm. Sin embargo proporciones mayores o menores del valor correspondiente a L50, son muy diferentes en el caso de los años 1992 y 1993, en los que las pendientes son más suaves, con respecto a los de los dos años anteriores (figura 5.11).

Hemos de aceptar como más representativos los ajustes efectuados con los datos pertenecientes a los años 1990 y 1991, ya que corresponden a muestreos realizados durante todo o gran parte del periodo reproductivo, mientras que los del año 1992 solo están referidos a los individuos capturados en la campaña MERSEL realizada en el mes de septiembre y los de 1993 a los de la campaña de la misma serie llevada a cabo en el mes de junio. Las diferencias que se observan en los diferentes porcentajes pueden ser debidas a sesgos producidos por algún componente temporal relacionado con los mecanismos de madurez, aunque la coincidencia en la forma de las curvas para dos meses

que casi corresponden con los de inicio y final de la época de puesta no parecen sugerir esta hipótesis. Lo más probable es que estas diferencias estén provocadas por sesgos introducidos por los valores situados en las colas de las distribuciones debido al menor número de individuos muestreados.

Pagellus acarne
Curvas de madurez

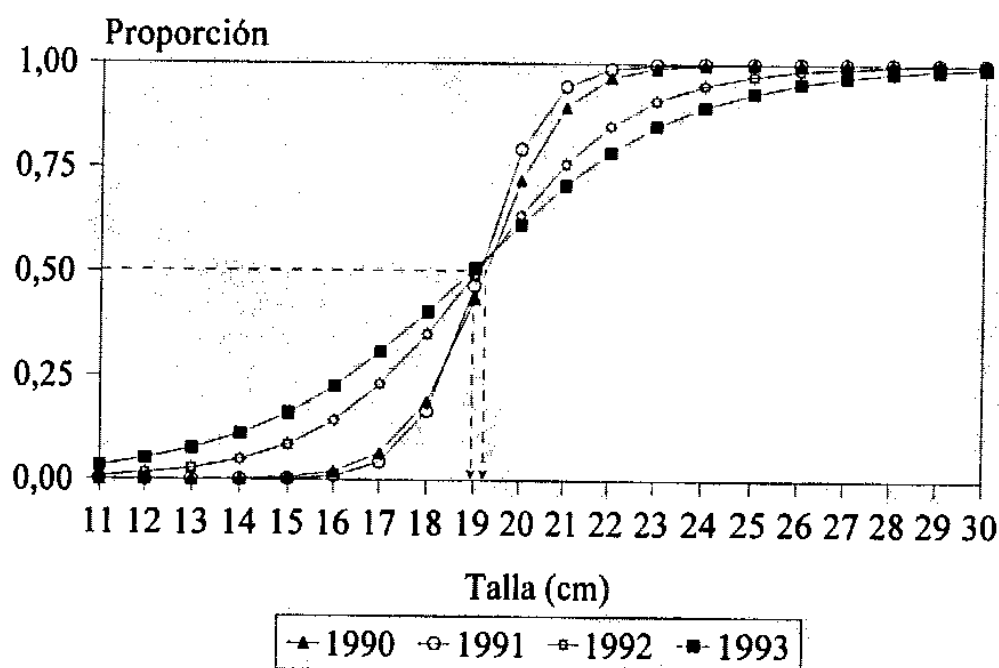


Figura 5.11. Curvas de madurez para *Pagellus acarne*. Marcado con línea discontinua diferentes estimaciones de la talla de primera madurez.

Son escasísimas las referencias a la talla de primera madurez del besugo en cualquier parte de su área de distribución. La única referencia que hemos encontrado para el Mediterráneo se debe a ANDALORO (1982) que cifra la talla de primera madurez, tanto para machos como para hembras en 16.5 cm de longitud total. Sin embargo, este autor no

especifica ni el método por el que obtiene dicha talla ni qué entiende por dicho concepto, por lo que este resultado es difícilmente comparable con el obtenido por nosotros.

LAMRINI (1986) obtiene gráficamente a mano alzada una talla de primera madurez para las hembras de 20.9 cm, en las aguas atlánticas de Marruecos. Aunque este dato es más cercano al obtenido por nosotros que el anterior, tampoco se puede contrastar debido al método utilizado, que no proporciona una función con la que obtener porcentajes de madurez.

Según la igualdad en la talla de primera madurez para ambos sexos, proporcionada por nuestros datos, podría pensarse que en *Pagellus acarne* el fenómeno de maduración de la gónada está asociado a una determinada talla (edad), independientemente del sexo que primero se desarrolle. Sin embargo GONZÁLEZ PAJUELO y LORENZO NESPEREIA (1994) utilizando el método de ajuste a una logística por mínimos cuadrados, obtienen para la población de *Pagellus acarne* de Canarias una talla media de primera madurez para los machos de 15.5 cm de longitud total y para las hembras de 19 cm, achacando la diferencia de los valores al carácter hermafrodita de la especie. Si bien la talla de las hembras coincide con nuestros datos la de los machos resulta claramente muy inferior. Tanto el tipo de ajuste, como la fracción de población utilizada para establecer los pares de valores son coincidentes con los empleados en este trabajo, por lo que resulta aún más notable esta diferencia.

En una experiencia llevada a cabo por FARANDA et al. (1985), en la que se examinaron las diferencias de crecimiento en peso de diferentes grupos de individuos juveniles de *Pagellus acarne* que aún no habían madurado por primera vez, en tanques de cultivo de proporciones iguales, se encontró que una menor densidad de individuos favorecía que el desarrollo de la región ovárica prevaleciera sobre la testicular. Es decir, que una gran proporción de individuos, cifrada en el 58.3 %, se desarrollaron primero como hembras sin haber pasado por la fase de machos. Esta experiencia confirma, como fue discutido en párrafos anteriores, tanto que parte de la población no se desarrolle nunca como machos

maduros, como que existan fuertes variaciones en la sex-ratio por clase de talla, y por otro lado parece apoyar la idea de que existe un componente genético que determina la talla a la cual se alcanza la primera madurez, o mejor la edad puesto que las tasas de crecimiento parece que pueden variar entre diferentes áreas o para años diferentes (ver capítulo 6. Crecimiento).

Los valores aportados por GONZÁLEZ PAJUELO y LORENZO NESPEREIA (op. cit.) no concuerdan en absoluto con la hipótesis anterior. Asociando las ideas vertidas anteriormente, podríamos encontrar una explicación tanto a la diferencia observada por estos autores, como a la igualdad de nuestro caso. La mayor o menor presión de pesca sobre una población provoca indudablemente diferencias en las densidades de individuos en un área determinada, lo que afectaría a la proporción de sexos por clases de talla. Sin embargo, el que a una talla determinada existan más o menos individuos de un sexo, no tiene por qué afectar a la proporción de individuos maduros para esa talla, es decir el porcentaje de madurez debería ser aproximadamente el mismo independientemente del sexo. Por lo tanto las diferencias observadas pueden deberse simplemente a problemas del muestreo, ya que la diferente densidad de la población favorecerá la mayor o menor presencia de individuos de las tallas más pequeñas de un sexo u otro, con lo que quedarán mejor representados en las capturas y por tanto en los muestreos, pudiendo afectar a los porcentajes de madurez para las clases de tallas más pequeñas. De hecho en la población del besugo de Canarias los autores citados encuentran individuos hembras sólo a partir de 16 cm de longitud total, mientras que nosotros las hemos observado desde los 14. Además, los mismos autores no observan machos a partir de 25 cm mientras que en nuestro caso no es hasta los 30 cm cuando dejan de observarse.

En resumen, creemos que aunque puedan existir diferencias entre las tallas de primera madurez de machos y hembras, éstas no deberían ser muy grandes al menos mientras la inversión sexual no afecte a todos los individuos de la población. Además el que la menor densidad de individuos favorezca la presencia de individuos hembras en el rango de tallas

más pequeño de individuos maduros, parece una buena adaptación a la presión de pesca, puesto que permitiría un mayor número de hembras fecundas que aseguraran el éxito reproductivo.

5.2. Fecundidad.

El concepto de fecundidad, a pesar de ser de uso frecuente en biología pesquera, no deja de ser relativamente confuso y muy complejo, empleándose numerosos significados del término según las escalas consideradas y los distintos autores que lo definen.

Por ello, al definir la fecundidad son usados complementariamente diferentes adjetivos que, una vez añadidos, acotan de forma conveniente su significado (KARTAS & QUIGNARD, 1984).

HUNTER et al. (1992) definen hasta seis términos relativos a la fecundidad, algunos de ellos coincidentes con los señalados por otros autores, pero que parecen los más apropiados ya que recogen todo el abanico de posibilidades. Estos son los siguientes:

- Fecundidad anual: número total de huevos emitidos por la hembra por año.
- Fecundidad total: stock permanente de ovocitos vitelados en estado avanzado de desarrollo.
- Fecundidad potencial anual: número total de ovocitos vitelados en estado avanzado que maduran por año.
- Fecundidad determinada: la fecundidad anual es determinada cuando la fecundidad potencial es fijada antes del acto de puesta, por lo que se considera entonces equivalente a la fecundidad total. En peces con fecundidad determinada la fecundidad total decrece con cada acto de

puesta, ya que el stock permanente de ovocitos vitelados en estado avanzado no es reemplazado durante la época de puesta.

- Fecundidad indeterminada: se dice que la fecundidad anual es indeterminada cuando la fecundidad potencial de una hembra no es fijada antes del acto de puesta y ovocitos no vitelados continúan madurando y son emitidos durante el periodo de puesta.
- Batch fecundity (fecundidad por tandas): número de ovocitos hidratados liberados en una puesta; se determina contando el número de ovocitos hidratados en el ovario.
- Fecundidad relativa: fecundidad, en número de huevos emitidos, dividida por unidad de peso de la hembra (gramos generalmente).

La clave en la estimación de la fecundidad en peces es conocer si la fecundidad anual puede ser estimada a partir del stock permanente de ovocitos en estado avanzado antes de que maduren y sean liberados al medio.

En el caso de las especies ponedoras totales o isócronas, en las que el periodo de puesta es corto, los huevos que van a ser liberados se desarrollan sincrónicamente antes de la puesta, observándose dos poblaciones de ovocitos claramente diferenciadas: el stock de reserva y los que maduran en el periodo de reproducción (ISAAC, 1981, citado por LÓPEZ DE LEÓN et al., 1992). El problema se reduce entonces a identificar el stock de ovocitos maduros que constituirán la fecundidad anual de la hembra (HUNTER et al., 1985). Este stock se considera formado por todas las clases de ovocitos, en diferentes estados de maduración, que están completamente separados de los inmaduros no vitelados (figura 5.12).

En el caso de las especies ponedoras parciales o heterócronas, los huevos son emitidos en lotes sucesivos durante el periodo de puesta (ISAAC, op. cit.), que suele ser de larga duración. En algunas de estas especies el stock de ovocitos que van a ser emitidos a lo largo del periodo de puesta son identificables al inicio de la estación, por lo que en este caso la fecundidad se considera determinada incluso aunque los peces realicen varios actos de puesta. El stock permanente de ovocitos en estado avanzado al inicio de la época de puesta se considera por tanto equivalente a la fecundidad anual (HUNTER & MACEWICZ, 1985).

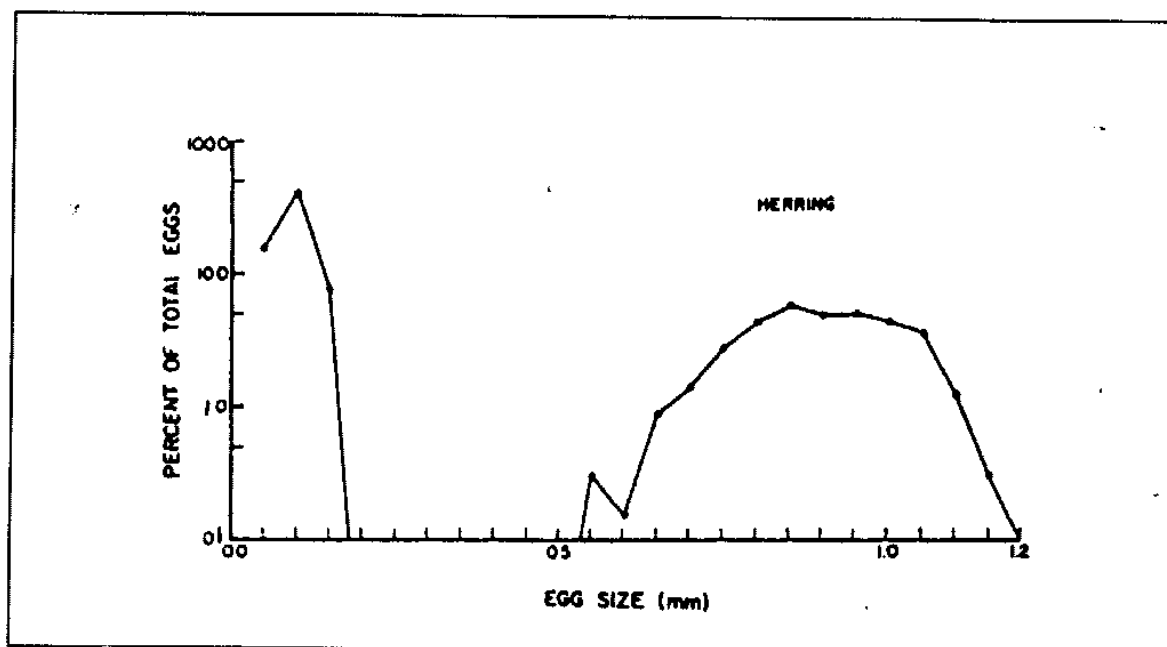


Figura 5.12. Distribución de frecuencias de diámetros de ovocitos en el ovario del arenque (*Clupea harengus*), como ejemplo de una especie ponedora total (según HUNTER et al., 1985).

En otras especies nuevas tandas de huevos continúan madurando a lo largo del periodo de puesta, por lo que el stock permanente de huevos vitelados no es equivalente a la fecundidad anual, siendo por tanto indeterminada. En estos casos, en los ovarios desarrollados se encuentran ovocitos en casi todos los estados de maduración, desde los inmaduros a los vitelados avanzados. Además, no existen discontinuidades en la

distribución de frecuencias de clases de tallas de los ovocitos, excepto una entre los ovocitos hidratados y los vitelados en estado más avanzado que es de naturaleza temporal (HUNTER et al., 1985).

En este último caso la única medida útil de la fecundidad es el número de huevos producidos en un acto de puesta (batch fecundity), siendo la fecundidad anual una función del número de huevos emitidos en cada acto de puesta y del número de emisiones por año.

Mediante el análisis de la distribución de frecuencias de los tamaños (diámetro) de los ovocitos y en función de lo anteriormente expuesto, es posible identificar que tipo de reproducción posee el besugo — isócrona o heterócrona determinada o indeterminada — para una vez concretada estimar la fecundidad de la hembra.

5.2.1. Material y métodos.

El estudio de la fecundidad del besugo en el Mar de Alborán, se basó en el análisis de los ovarios pertenecientes a 50 hembras en estados III y IV de maduración sexual, con tallas comprendidas entre 20.8 y 34.6 de longitud total, obtenidos a lo largo del periodo de puesta.

Para la preparación de los ovarios se siguió el método descrito por HUNTER et al. (1985), ALHEIT y ALEGRE (1986) y LO et al. (1986), conservando éstos en una solución tamponada de formol al 4 % (HUNTER, 1985). Antes de la conservación cada gónada fue pesada en una balanza electrónica con precisión de una centésima de gramo.

Para el análisis cada gónada fue secada sobre papel de filtro y pesada de nuevo, tomándose posteriormente en 6 de las gónadas tres submuestras del ovario más grande (entre 0.2 y 0.3 g), correspondientes a las porciones distal-dorsal, central y apical-ventral,

con la finalidad de comprobar si existían diferencias en el número de ovocitos según la zona de extracción de la submuestra (figura 5.13).

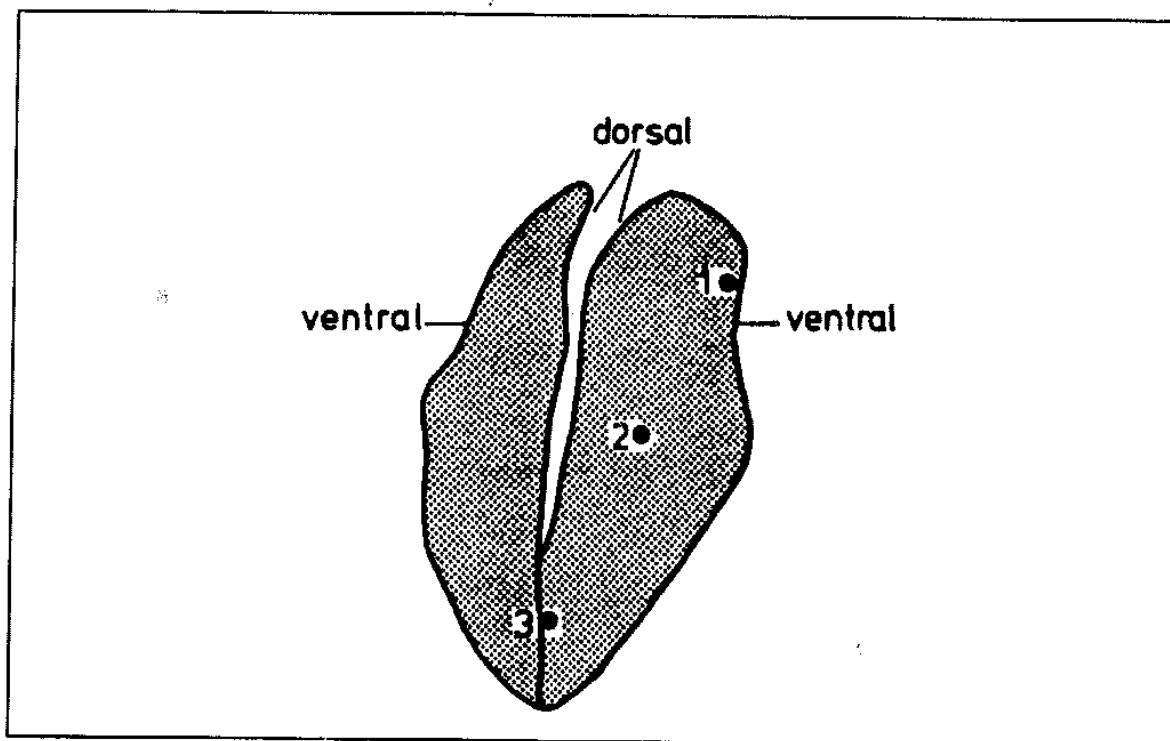


Figura 5.13. Localización en el ovario de la extracción de las tres muestras de ovocitos (según LO et al., 1986).

Una vez comprobado mediante ANOVA I que no existían diferencias entre las submuestras de cada ovario, se procedió a extraer solamente una submuestra para cada una de las gónadas restantes.

Para el conteo de ovocitos fueron utilizadas las 50 muestras, ponderando el número de ovocitos obtenido a los pesos de cada una de las gónadas, para conseguir la estimación del número total de huevos por gónada.

Las diferencias entre los pesos de las gónadas frescas y las conservadas en formol son pequeñas, habiéndose observado como valor medio una variación del 7.5 % de pérdida de

peso al ser conservadas en la solución de formol. Esta variación puede, en su caso, ser tomada en cuenta para ajustar mejor los resultados obtenidos a los valores reales de peso fresco, aunque los resultados que se presentarán más adelante son los referidos a las gónadas conservadas.

Para el análisis de las frecuencias de los diámetros de los ovocitos se realizaron medidas de catorce preparaciones, correspondientes a otras tantas gónadas, escogidas de manera que estuvieran representados todos los meses del periodo de puesta. Los ovocitos fueron identificados, contados y medidos usando un digitalizador unido por un sistema de cámara de video a una lupa binocular.

Para la estimación de la batch-fecundity en el besugo, se ha seguido el método del "ovocito hidratado" descrito por HUNTER et al. (1985), que según palabras de los propios autores requiere menos tiempo y evita los problemas de separar la clase modal de ovocitos en estado avanzado del grupo adyacente de ovocitos más pequeños.

El método requiere contar con ovarios hidratados, es decir aquellos recolectados en un intervalo muy cercano al acto de puesta. Como la simple observación de las muestras no permite discernir de manera objetiva entre ovarios efectivamente hidratados y los que, aunque estando en un estado muy cercano, no lo son, se ha considerado como medida discriminatoria el valor obtenido del IGS, seleccionándose sólo para el cálculo de la batch-fecundity aquellos que mostraban los valores más altos de tal índice.

La batch-fecundity (Y) para cada hembra se ha calculado como el producto del número de ovocitos hidratados por unidad de peso en la muestra, ponderada al peso total del ovario. También se ha calculado, como medida complementaria, la fecundidad relativa (Fr) expresada como el cociente entre Y y el peso de la hembra sin el ovario, para así evitar los sesgos que pudiera provocar el diferente grado de hidratación de los ovocitos en la proporción entre ambos valores (ALHEIT y ALEGRE, 1986). En ambos casos se han calculado los valores medios de las muestras analizadas.

Sin embargo no ha sido posible calcular un valor de fecundidad anual, ya que sería necesario conocer cuantos actos de puesta realiza la hembra de la especie, calculándose bien por métodos histológicos (HUNTER y MACEWICZ, 1985) o bien mediante una estrategia de muestreo continuado en el mar (DE MARTINI Y FOUNTAIN, 1981), para obtener momentos antes de los actos de puesta las hembras necesarias.

Para su cálculo podríamos haber utilizado el stock permanente de ovocitos, que es ocasionalmente usado para estimar la fecundidad anual en peces que por criterios estándar tienen fecundidad indeterminada; sin embargo considerar esa fecundidad anual como predeterminada es una asunción con muy poca o ninguna evidencia (HUNTER et al., 1985).

5.2.2. Resultados.

En todos los casos analizados la distribución de frecuencias de tallas de los ovocitos muestra la presencia de varios grupos modales, indicativos de distintos grados de maduración.

Analizando conjuntamente las gónadas (figura 5.14) observamos un primer grupo de ovocitos muy pequeños, poliédricos y no vitelados, que forman el denominado stock de reserva (moda = 0.1 mm). Un segundo grupo lo constituyen aquellos ovocitos también de pequeño tamaño pero que ya son vitelados, comprendidos en el rango de 0.2 mm a 0.35 mm., seguido de otro grupo con maduración más avanzada comprendidos entre 0.4 mm y 0.6 mm. A continuación de éste pero más aislado encontramos un cuarto grupo constituido ya por ovocitos maduros, que son los que están listos para ser puestos en un corto periodo de tiempo, comprendidos entre 0.65 mm y 0.9 mm. La serie termina con el grupo correspondiente a los ovocitos hidratados que muestran tamaños entre 1 mm y 1.3 mm, diferencia que se debe a la mayor o menor deshidratación provocada por el líquido conservador de las gónadas.

FRECUENCIAS DE OVOCITOS

Pagellus acarne

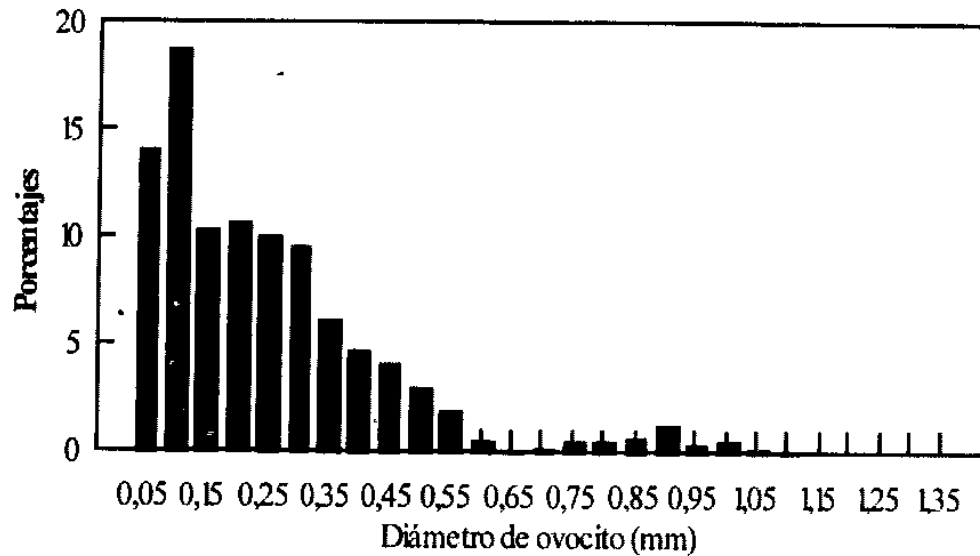


Figura 5.14. Distribución de frecuencias de diámetros de ovocitos correspondientes a 14 ovarios de hembras maduras de *Pagellus acarne*.

En resumer., encontramos un grupo correspondiente al stock de reserva, un segundo grupo de ovocitos vitelados con diferentes tamaños y, por tanto, con diferentes grados de maduración, un tercero de ovocitos maduros listos para la puesta en escasos días y el grupo de ovocitos hidratados, listos para ser puestos en horas.

A falta de una confirmación posterior por estudio de la vitelogénesis de las hembras, esta estructura polimodal hace pensar que el besugo es un ponedor parcial.

En la tabla 5.5 figuran para las hembras maduras de besugo que mostraron los valores del IGS más elevado, los resultados obtenidos de la fecundidad por tandas (batch fecundity) y la fecundidad relativa. Como se observa en la misma tabla la fecundidad por tandas media calculada para el besugo del Mar de Alborán es del orden de 12976 ovocitos, con un máximo registrado de 29001 ovocitos para la hembra más grande muestreada y un

mínimo de 3928 para una de las más pequeñas. Estos datos podrían hacer pensar que existiera una fecundidad más elevada para las hembras más grandes, sin embargo los ajustes de tipo lineal ensayados no confirman ese hecho, quizás por una escasa representación de efectivos en el caso de los individuos mayores. La fecundidad relativa media es de 64 huevos por gramo de peso en hembras, siendo el máximo de 135 y el mínimo de 28.

L (mm)	P.S.G.	BF	Fr
210	119,39	5212	44
232	120,32	3928	33
223	161,46	20300	126
235	162,94	7066	43
237	165,35	5467	33
223	167,86	8781	52
228	168,02	19592	117
228	168,74	11752	70
242	169,14	4743	28
234	169,83	23008	135
234	173,30	13192	76
234	177,65	6632	37
247	184,36	11418	62
243	193,19	22308	115
252	215,87	15962	74
265	278,04	9793	35
284	347,11	15092	43
311	453,55	29001	64
MEDIAS		12976	64

Tabla 5.5. Talla (L), peso fresco sin gónadas (PSG), Batch-fecundity (BF) y Fecundidad relativa (Fr) de los 18 ejemplares muestreados de besugo que mostraron los IGS más elevados.

5.2.3. Discusión.

La estructura polimodal encontrada en la distribución de frecuencias de los diámetros de los ovocitos de *Pagellus acarne* parece demostrar que la especie es una ponedora parcial. Esta hipótesis es apoyada sustancialmente teniendo en cuenta otros hechos. En primer lugar, el largo periodo de puesta de la especie denota indirectamente la existencia de una maduración progresiva de diferentes lotes de ovocitos, lo que reafirma la idea de que el besugo sea un ponedor parcial. Además y a pesar del abundante número de individuos observado en los diferentes años, nunca hemos encontrado hembras que estuvieran en un claro EMS V de postpuesta con los ovarios completamente vacíos (característica de especies isócronas), aunque por otro lado tampoco es frecuente encontrar ovarios típicos de EMS II (madurando o en recuperación), que suelen presentar un aspecto flácido y sanguinolento pero con numerosos ovocitos en su interior (característica de especies heterócronas).

El aspecto de los ovarios maduros durante el periodo de puesta es bastante similar, lo que parece confirmar el hecho de que las hembras pongan varias tandas de huevos a lo largo de dicho periodo, manteniendo un grado alto de madurez que no permite discernir a simple vista con excesiva claridad el periodo de reposo, siendo el EMS II no tan típico como en otras especies. De hecho, como vimos en el apartado 5.1, parecen existir dos picos de puesta separados en el tiempo por un periodo de relativo reposo, tal y como indican las curvas de evolución del IGS. Analizando las distribuciones de frecuencias de tallas de los diámetros de los ovocitos de las diversas muestras de gónadas, se observa que en las correspondientes al mes de junio, en la mayoría de los casos, hay una ausencia de ovocitos vitelados y son escasos los vitelados en un grado avanzado de madurez, mientras que en las correspondientes a los meses de mayo y agosto son abundantes los ovocitos en ambos estados, lo que apoyaría la hipótesis de que realmente existe un periodo de relativo reposo centrado en el mes de junio (figura 5.15).

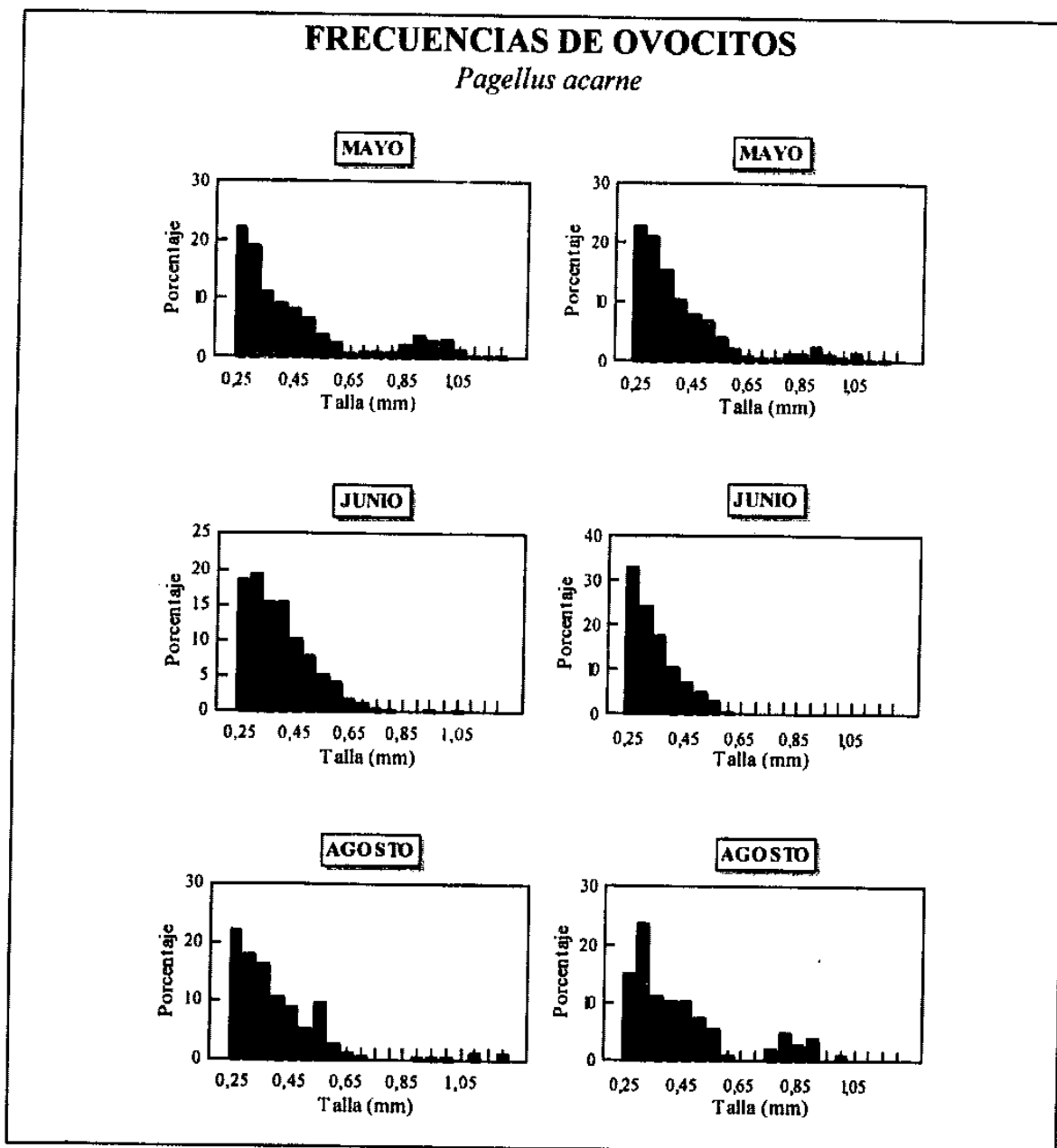


Figura 5.15. Distribución de frecuencias de diámetros de ovocitos para seis gónadas de hembras maduras de *Pagellus acarne* capturadas en diferentes meses (dos por mes) del periodo de puesta.

La heterocronía de la especie también ha sido puesta de manifiesto por otros autores, como LE-TRONG PHAN y KOMPOWSKY (1972) en aguas de África nororiental (Dakar-Rio de Oro), GIRARDIN (1978) en el Golfo de León y LAMRINI (1986) en las aguas atlánticas del sur de Marruecos.

La ausencia de una discontinuidad en las clases de tamaños entre los ovocitos que maduran en el periodo de puesta y la reserva de ovocitos inmaduros presentes durante el año en el ovario, parece evidencia suficiente para asumir que la fecundidad sea indeterminada (YAMAMOTO, 1956, citado por HUNTER Y MACEWICZ, 1985). Este hecho se ve confirmado por la presencia de una discontinuidad entre los hidratados y los vitelados en estado avanzado. Por lo tanto, como hemos visto, para el besugo podemos considerar que la fecundidad es indeterminada, siendo la única medida útil de ésta la relativa a la fecundidad por tandas ("batch-fecundity").

No hemos encontrado en la bibliografía consultada ninguna referencia a valores de la fecundidad por tandas, y por consiguiente ninguna tampoco a fecundidad relativa tal y como se expresa en este trabajo, de *Pagellus acarne*. Tan sólo hemos encontrado una referencia sobre fecundidad absoluta dada por LE-TRONG PHAN y KOMPOWSKI (1972), que estiman un valor entre 85000 y 536000 ovocitos, pero siendo tenidas en cuenta todas las clases modales. Estos mismos autores comentan que los actos de puesta ocurren al menos tres veces en un mismo periodo, según esto y en función de los valores calculados por nosotros de batch-fecundity (3928-29001 ovocitos/tanda), resultaría una fecundidad anual que variaría aproximadamente entre 12000 y 90000 ovocitos, cantidades que difieren sensiblemente de las dadas por tales autores. Sin embargo la asunción de que tan sólo se realicen tres actos de puesta es muy dudosa, ya que está basada tan sólo en el análisis de las clases modales de la distribución de frecuencias de diámetros de ovocitos.

Los resultados dados por otros autores para algunas otras especies de espáridos del Mediterráneo, no se alejan demasiado de ese posible valor de fecundidad anual. Así LARRAÑETA (1953) encuentra en *Pagellus erythrinus* para el Mediterráneo español valores que oscilan entre 35000 y 150000 ovocitos y GIRARDIN (1981) en *Boops boops* para el Golfo de León entre 8500 y 91000 ovocitos. Otros valores son muy superiores,

como es el caso dado por CHACROUN-MARZOUK y KARTAS (1987) para *Pagrus caeruleostictus* de las costas tunecinas, cifrado entre 1368 y 823430 ovocitos.

En cualquier caso comparar valores de fecundidad anual resulta una tarea inútil, desde el momento en que no conocemos con precisión cuantos actos de puesta realiza el besugo en el área estudiada, y además, comparamos con valores que provienen, en un buen número de casos, asumiendo que la fecundidad anual es determinada y que todo el potencial de ovocitos va ser utilizado en la puesta, asunciones que probablemente son falsas, por lo que los resultados obtenidos deben ser bastante erróneos (HUNTER y MACEWICZ, op. cit.).

Como mejor medida comparativa podría ser usada la fecundidad relativa, siempre y cuando esté calculada de la misma manera que en este trabajo. La mayoría de los valores que hemos encontrado se refieren a especies de hábitos bastante diferentes a los del besugo y de áreas muy distantes, siendo la fecundidad relativa muy superior en todos los casos. Así, para *Engraulis ringens* (Perú) ALHEIT y ALEGRE (1986) estima valores que fluctúan en el rango de 466-637 ovocitos/g, según los años, LO et al. (1986) para *Sardinops sagax* (Perú) calculan un valor medio de 300 ovocitos/g y para *Sardina pilchardus* de la Península Ibérica (zona Atlántica) PÉREZ et al. (1989) dan un valor de Fr media de 416 ovocitos/g. El único valor más cercano, aunque también bastante más elevado, es el encontrado para *Merluccius gayi peruanus* por ALHEIT (1986), que es de 173 ovocitos/g.

Estos valores muestran que el besugo del Mar de Alborán posee una fecundidad baja, quizás más de lo esperado si tenemos en cuenta el nicho ecológico que ocupa. Esta fecundidad no es explicable por ninguna causa que conozcamos, como podría ser el caso de *Spondyllosoma cantharus* en el banco Sahariano, especie para la que BALGUERÍAS (1993) justifica su baja fecundidad por el cuidado que los machos ejercen sobre la puesta, lo que produciría una disminución de la mortalidad durante la fase de huevo. Sin embargo, no podemos olvidar que la fecundidad relativa ha sido calculada en función del

valor obtenido de fecundidad por tandas y no del de fecundidad anual, como se hace en los trabajos de espáridos conocidos por nosotros. En este caso y teniendo en cuenta que el periodo de puesta es largo, lo que permitiría que el número de actos de puesta fuera grande, la fecundidad anual del besugo podría ser bastante elevada, incluso muy superior a la estimada para otras especies de espáridos. De hecho, si consideramos que todos los ovocitos vitelados van a ser destinados a la puesta, la fecundidad absoluta del besugo se cifraría entre 70000 y mas de 500000 huevos, cantidades que serían superiores a las dadas por otros autores para otras especies, como hemos visto, o muy similar a la dada por LE-TRONG-PHAN y KOMPOWSKY (op. cit.) para *Pagellus acarne*.

En cualquier caso, sería necesario confirmar mediante estudios histológicos de los ovarios que la fecundidad del besugo es indeterminada, y una vez confirmado esto, sería preciso estimar el número de actos de puesta que realiza en el año, para obtener valores de fecundidad anual mucho más consistentes.

6. CRECIMIENTO.

6.1. Relación talla-peso.

La relación que define el crecimiento en peso de una especie en función de la talla, es una de las relaciones más utilizadas en biología pesquera. La posibilidad de expresar en unidades de peso (biomasa) una distribución de tallas conocida en vez de en número (abundancia), constituye una herramienta indispensable en los análisis de evaluación que se utilizarán más adelante.

La función que mejor expresa la relación entre la talla y el peso, es la potencial del tipo:

$$P = aL^b$$

donde P (variable dependiente) es el peso del individuo considerado, L (variable independiente) es la talla y a y b son parámetros. Los valores de a y b se estiman por métodos estándar de regresión. El parámetro b permite conocer si la relación entre la talla y el peso es alométrica o isométrica, es decir si una de las variables se modifica de manera diferente a la de la proporción que deberían guardar entre ellas, a medida que el animal crece. Al tener ambas variables dimensiones diferentes, b adopta en el caso de la isometría el valor del exponente que las relaciona que en este caso es de 3, ya que a densidad constante el peso es proporcional al cubo de la talla.

6.1.1. Material y métodos.

Para obtener la relación talla-peso del besugo en el área de estudio se han utilizado los datos correspondientes a 1915 individuos, analizados durante los años 1990 y 1991. Para cada ejemplar se registró la longitud total en centímetros (con una precisión de 0.1 cm) y el peso fresco en gramos (con una precisión de 0.01 g). Las regresiones se efectuaron por

años para el total de los individuos y por sexos. Además se estimaron las relaciones en tres periodos dentro de cada año, correspondientes una al periodo de puesta (mayo-octubre) y las otras dos a los periodos de inactividad sexual (enero-abril y noviembre-diciembre).

Para evaluar si las diferencias encontradas entre los valores de los parámetros son suficientemente significativas como para expresar ritmos de crecimiento relativo diferentes, se han comparado los parámetros b de ambas curvas mediante una t de Student, de manera análoga a la usada para comparar medias (ZAR, 1984).

6.1.2. Resultados.

Los resultados de las ecuaciones talla-peso para los años 1990 y 1991 se presentan en las tabla 6.1 y en la figuras 6.1 y 6.2. Al analizar la figura 6.1, donde se representan las nubes de puntos correspondientes a los pares de valores talla-peso para los años 1990 y 1991, vemos como los mismos parecen ajustarse bien al tipo de relación potencial empleado.

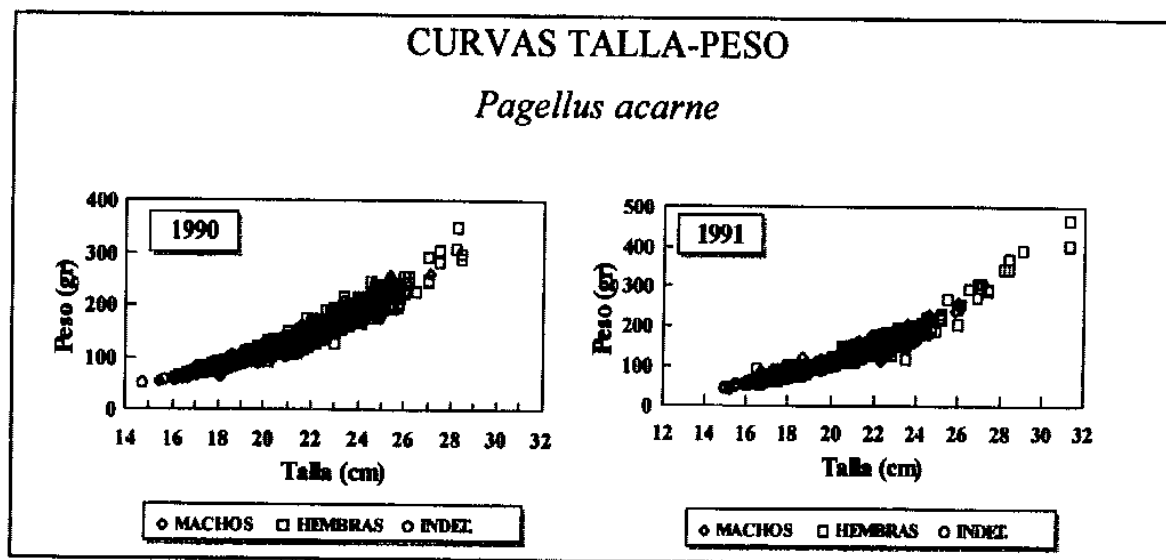


Figura 6.1. Representación gráfica de los pares de valores talla-peso del besugo del Mar de Alborán correspondientes a los años 1990 y 1991, para los individuos machos, hembras e indeterminados.

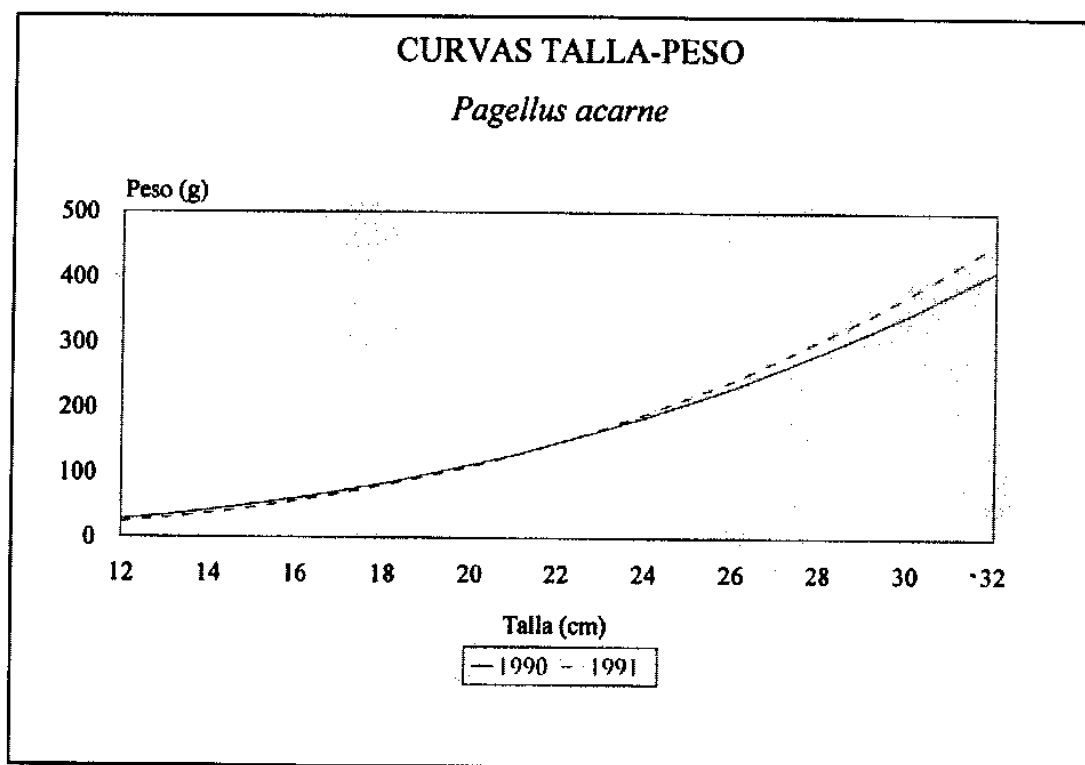


Figura 6.2. Representación gráfica de las ecuaciones talla-peso del besugo del Mar de Alborán para los años 1990 y 1991.

Las regresiones para cada uno de los dos años muestreados arrojan unos valores para los parámetros a y b no coincidentes (tabla 6.1). Así el valor de b en el año 1991, indica un crecimiento relativo mucho más isométrico que en el año 1990. Analizando la figura correspondiente (figura 6.2) se observa que el crecimiento se produce de manera muy parecida hasta los 22 cm de longitud total, siendo a partir de esta talla cuando las curvas para ambos años se separan.

El resultado del test de student aplicado permite rechazar la hipótesis nula de igualdad de los parámetros b para una probabilidad menor a 0.001.

	1990	1991
a	0.028743	0.012911
b	2.760511	3.020610
R	0.98	0.97
n	839	1076
Rango	14.7-28.5	14.9-31.3

Tabla 6.1. Valores de los parámetros de la ecuación talla-peso del besugo para los años 1990 y 1991. **R** = coeficiente de regresión; **n** = número de individuos; **Rango** = rango de tallas muestreado (longitud total en cm).

Un aspecto interesante a tener en cuenta es el considerar si los individuos mantienen el mismo crecimiento en peso a lo largo de todo un año, o si por el contrario existen diferentes ritmos de ganancias en función de determinados periodos. Para ello se han realizado las correspondientes regresiones a tres periodos dentro de un año, uno correspondiente al periodo de madurez o época de puesta (mayo- octubre) y los otros dos a los periodos inmediatamente anterior (enero-abril) y posterior (noviembre-

diciembre). Los resultados de estos ajustes se presentan para los dos años de muestreo en la tabla 6.2.

		MACHOS				HEMBRAS			
		a	b	n	R	a	b	n	R
1990	E-A	0.0092	3.1099	99	0.97	0.0073	3.182	77	0.96
	M-O	0.007	3.2180	185	0.96	0.0124	3.035	128	0.95
	N-D	0.035	2.699	231	0.98	0.0412	2.644	95	0.97
	ANUAL	0.0295	2.7519	515	0.98	0.0250	2.805	300	0.97
1991	E-A	0.0196	2.865	155	0.97	0.0110	3.079	67	0.92
	M-O	0.0349	2.704	376	0.96	0.0175	2.931	131	0.97
	N-D	0.0421	2.634	173	0.85	0.0690	2.471	107	0.79
	ANUAL	0.0166	2.939	704	0.97	0.0102	3.096	305	0.98

Tabla 6.2. Parámetros de las relaciones talla-peso por sexo, anuales y por periodos de madurez y no madurez. E-A (enero-febrero) y N-D (noviembre-diciembre): periodos de no madurez; M-O (mayo-octubre): periodo de madurez; **a** y **b**: parámetros; **n**: número de pares de valores; **R**: coeficiente de regresión.

Se aprecia que para los dos años estudiados, los valores de b difieren sensiblemente de unos periodos a otros, presentándose alometrías negativas más patentes en los periodos posteriores a la época de puesta, mientras que en los otros son o bien ligeramente positivas o negativas, pero siempre mucho más cercanas al valor isométrico (3).

6.1.3. Discusión.

La diferencia observada entre los ajustes de las ecuaciones talla-peso correspondientes a los años 1990 y 1991, podría ser achacada al rango de tallas muestreado en ambos años, aunque como se observa en la tabla 6.1 éstos no son lo suficientemente distintos como para provocarla, sobre todo si tenemos en cuenta que la desigualdad del rango tan sólo es notable para los individuos de talla más grande que son los menos numerosos.

También podría pensarse que la diferencia fuera debida a distintos ritmos de crecimiento relativo entre machos y hembras, siempre y cuando existiera una proporción muy diferente en el número de individuos muestreados de cada sexo de un año a otro (tabla 6.2). Este aspecto no queda excesivamente claro, ya que los resultados de aplicar la t de Student a los ajustes entre sexos muestran, en primer lugar, que el crecimiento relativo de machos y hembras se puede considerar diferente para los datos de 1991, aunque no para los de 1990. Además, la proporción de machos siempre es muy superior a la de hembras en ambos años, por lo tanto los resultados obtenidos, en principio, estarían afectados del mismo sesgo, por lo que debería esperarse que su sentido no fuera diferente de un año a otro. Una última posibilidad que explicara la diferencia sería que los muestreos hubieran sido realizados en diferentes épocas del año, hecho que tampoco ocurre puesto que, para el bienio analizado, los resultados son producto de muestreos realizados a lo largo de todo el año, existiendo solo escasas lagunas temporales que nunca superan un mes de diferencia.

	Area	L	a	b
Andaloro (1982)	Messina	LT (cm)	0.0092	3.076
Girardin (1978)	G. León	LF (cm)	0.0089	3.2615
Lazar et al. (1986)	Marruecos	LF (cm)	0.0364	2.825
Passelaigue (1974)	Marsella	LS (mm)	0.0000167	3.09

Tabla 6.2. Valores de los parámetros de la ecuación talla-peso (a y b) para otras zonas del Mediterráneo distintas del mar de Alborán. L = tipo de medida empleado para la talla; LT = longitud total; LF = longitud a la furca; LS = longitud estandar.

Las relaciones talla-peso obtenidas por otros autores en el Mediterráneo presentan valores del parámetro b muy cercanos a 3 (tabla 6.2), pero también con una cierta alometría positiva en algunos casos (GIRARDIN, 1978), o negativa en otros (LAZAR et al., 1986).

Teniendo en cuenta lo expuesto hasta el momento, del simple análisis de los datos no se pueden extraer conclusiones que justifiquen la diferencia observada entre las relaciones talla-peso de los dos años de muestreo, por lo que ésta puede ser debida a factores que han actuado de manera diferente en cada año y que no han sido controlados (disponibilidad de alimento, densidad de población, etc.). Su discusión, por tanto, no dejaría de ser meramente especulativa.

Analizando los resultados que figuran en la tabla 6.2 resulta patente un descenso de la ganancia en peso en el último periodo del año, mucho más acentuado en el caso de los individuos más grandes (entre 10 y 25 g, según sexos y años, para una talla de 25 cm) y por tanto sexualmente maduros. Esta disminución debe estar relacionada tanto con la pérdida de peso que supone la total liberación de los gametos y la posterior reabsorción

de las gónadas hasta el estado de reposo (postpuesta), como con el desgaste energético que supone el proceso de reproducción (figura 6.3).

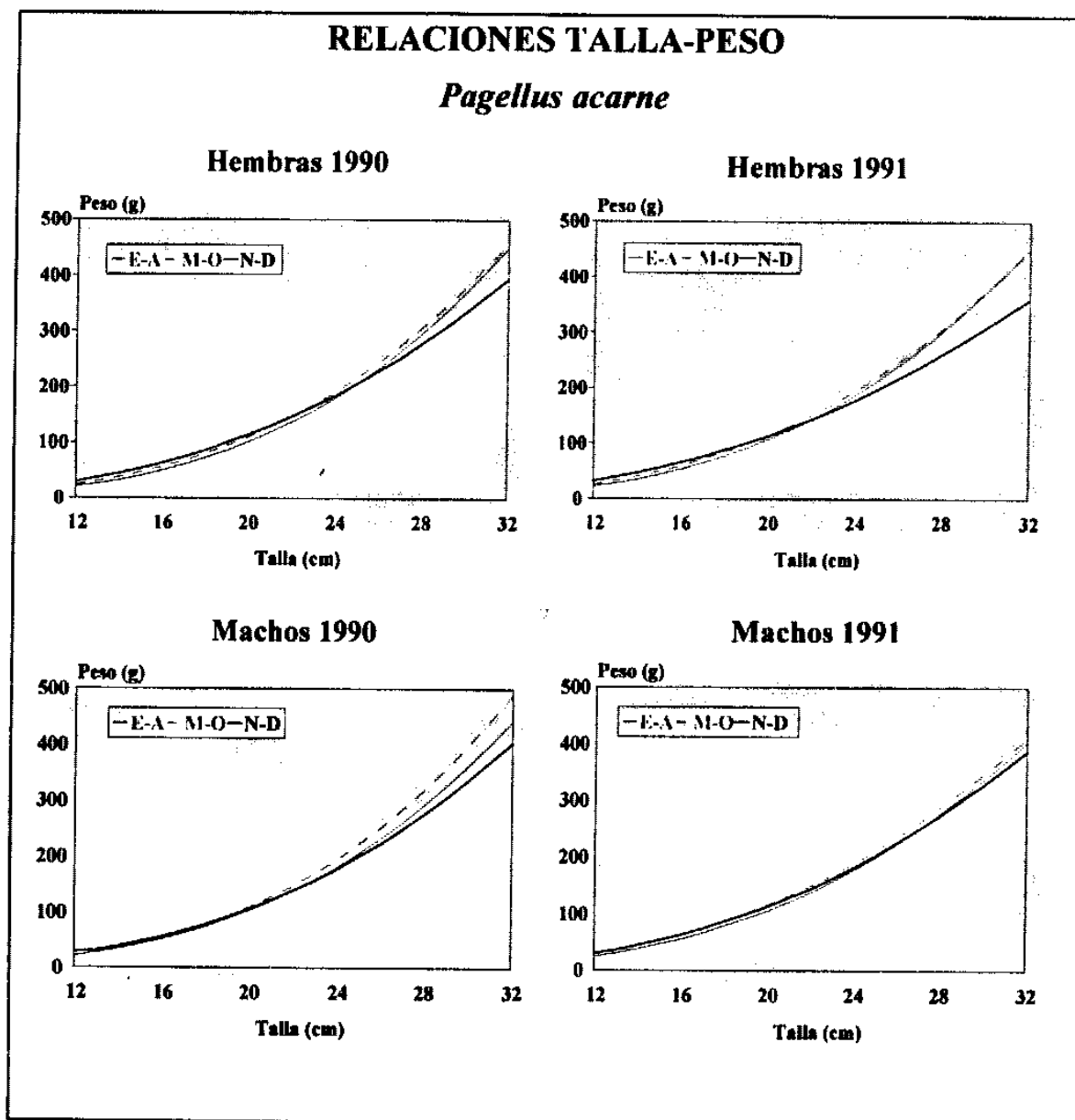


Figura 6.3. Representación gráfica de las ecuaciones talla-peso del besugo del mar de Alborán por sexos y periodos de madurez y no madurez para los años 1990 y 1991. E-A (enero-febrero) y N-D (noviembre-diciembre): periodos de no madurez; M-O (mayo-octubre): periodo de madurez.

Sin embargo esta idea hay que tomarla con cierta precaución, no pudiéndose descartar otros tipos de factores, ya que las variaciones producidas por la maduración de la gónada y la subsiguiente liberación de los gametos, no tienen por qué ser dependientes de la talla, en el sentido expresado por la relación talla-peso usada, ni su ciclo estacional tiene necesariamente que coincidir con el del crecimiento en talla (ILES, T. D., 1984).

En función de los resultados obtenidos no se puede establecer de manera global una relación que defina el crecimiento relativo del peso en función de la talla del besugo en el Mar de Alborán, ya que hemos visto cómo puede ser muy diferente de un año a otro, sin que se hayan encontrado factores que justifiquen adecuadamente la existencia de esa desigualdad. Por otro lado, estas relaciones pueden ser muy diferentes en función de la época del año en que se consideren los pares de valores que constituyen los datos de entrada, coincidiendo los límites en los que se observan esas diferencias con los del periodo reproductivo.

Los parámetros de la relación talla-peso constituyen parte esencial de los datos de entrada en los análisis de poblaciones que veremos más adelante, sobre todo en aquellos aspectos relacionados con la transformación de las abundancias numéricas en biomasa. Por ello, la utilización de una relación talla-peso lo más ajustada posible a los datos de captura de cada periodo analizado, parece condición indispensable para la obtención de unos buenos resultados.

6.2. Talla y edad.

6.2.1. Introducción: el modelo de VON BERTALANFFY.

El estudio del crecimiento es una pieza clave para el análisis de la dinámica de poblaciones de organismos marinos sometidos a explotación.

De entre todas las ecuaciones que representan la relación existente entre la talla y la edad la más utilizada en biología pesquera es la debida a VON BERTALANFFY (1934), que representa una función asintótica que se ajusta bien al modelo de crecimiento en talla de la mayoría de las especies: rápido al principio y progresivamente más lento a medida que los individuos se hacen más viejos, hasta alcanzar un techo o límite máximo.

La expresión que representa esta función es la siguiente:

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

donde L_t es la talla media de los individuos a una edad t , L_{∞} la talla máxima teórica que puede alcanzar un individuo, correspondiéndose con el límite asintótico de la curva, K es un parámetro que define la tasa de crecimiento, es decir la velocidad a la que los individuos se aproximan a L_{∞} , definiendo por tanto la pendiente de la curva, y t_0 es la edad teórica a la que los individuos tienen una talla 0.

Para resolver la ecuación es necesario disponer de pares de valores talla-edad que, aplicando métodos diversos, permiten estimar los valores de los parámetros de crecimiento: L_{∞} , K y t_0 .

Para la asignación de una edad a una talla determinada se vienen utilizando diferentes métodos que se basan en las siguientes técnicas:

- Mediante el análisis de las frecuencias de tallas.
- Realizando experiencias de marcaje y recaptura.
- Por la lectura directa de estructuras de crecimiento en piezas duras.
- Por medio de la cría de ejemplares en cautividad.

El análisis de las frecuencias de tallas y su evolución en el tiempo, permite hacer un seguimiento de las diferentes cohortes de manera que puedan establecerse cuanto crecen éstas en un intervalo de tiempo conocido. El origen de estos métodos se encuentra en el modelo de PETERSEN (1892), que asume que las diferentes clases modales que se pueden identificar en una distribución de tallas representativa de la población, corresponden a las tallas medias de las diferentes edades de la misma.

El estudio de las progresiones modales resulta relativamente fácil en las primeras edades, ya que cuentan con los efectivos más numerosos y por lo tanto es más fácil identificar las correspondientes modas. Además en estos primeros años las variaciones en las tasas de crecimiento son menores que en individuos más viejos. A medida que se avanza en edad las clases modales se hacen menos patentes, solapándose las tallas correspondientes de unas edades con otras. Esto es debido tanto a la ralentización del crecimiento como a la disminución, por causas naturales, de los efectivos de las fracciones poblacionales correspondientes, hecho que se acentúa aún más en el caso de poblaciones sometidas a intensa explotación.

Para tratar de solventar este problema se han ideado diversos métodos que identifican las diferentes clases modales, y por consiguiente los distintos componentes de edad, en una distribución de frecuencias de tallas determinada (BHATTACHARYA, 1967; HASSELBLAD y TOMLINSON, 1971; PAULY, 1985; GAYANILO et al., 1988).

El estudio del marcado y recaptura de ejemplares es un método directo de estima de las tasas de crecimiento. Estas experiencias se llevan a cabo bien con elementos identificadores que se fijan a estructuras no vitales de los especímenes, bien con sustancias químicas marcadoras de los tejidos óseos, o con ambas. En este último caso además es posible determinar la periodicidad en la formación de estructuras de crecimiento. Este método es sin duda el más exacto de todos - no está sometido a interpretaciones subjetivas en ningún caso-, pero tiene como inconvenientes que es muy costoso, que no es aplicable a todas las especies, que las recapturas no siempre son las

suficientes y que, en la mayoría de los casos, se ignora si el proceso de manipulación de los ejemplares para su marcado o bien la misma marca, puede afectar al individuo provocando tasas de crecimiento diferentes a las de los especímenes no marcados.

Otro método de estima directa es el de cría en cautividad, aunque también presenta numerosos problemas a la hora de evaluar si las tasas de crecimiento son alteradas por el proceso experimental, ya que está sometido a la artificialidad de muchas de las variables que afectan al desarrollo del individuo: alimentación, manipulación, contaminación en espacios reducidos, condiciones ambientales, etc.). Alteraciones de este tipo han sido puestas de manifiesto en el besugo por FARANDA et al. (1985).

Los periodos estacionales de crecimiento dan lugar a la formación de anillos en los tejidos duros de los peces: escamas, huesos y otolitos. Los métodos de determinación de la edad basados en este fenómeno, parten del supuesto de que estos anillos se forman con frecuencia rítmica y que el grosor de los incrementos es proporcional a la tasa de crecimiento del individuo.

Los anillos en otolitos y huesos se presentan alternadamente de forma opaca y translúcida, que se corresponden respectivamente con periodos de crecimiento rápido y lento. Esta distinta densidad óptica se debe a diferencias en la composición relativa de la materia que los integra: mayor proporción de sales minerales en los de crecimiento rápido y mayor cantidad de materia orgánica en los de crecimiento lento (MORALES-NIN, 1987).

El crecimiento en las escamas se realiza por depósito de crestas calcificadas (*circuli*) que se disponen concéntricamente. Las variaciones en la tasa de formación y continuidad de los *circuli* dan lugar a los *annuli* o anillos de crecimiento (MORALES-NIN, op. cit.).

Los otolitos, cuerpos policristalinos que actúan como órganos del equilibrio en el oído interno de los actinoptergios, están compuestos por carbonato cálcico cristalizado en forma de aragonito, que se dispone concéntricamente en las tres direcciones del espacio

en torno a un núcleo formado en el periodo embrionario. Estos cristales crecen a través de una matriz orgánica (otololina) de tipo colágeno (MORALES-NIN, 1986). A veces se encuentran otolitos "anormales", formados por calcita y que son totalmente cristalinos, translúcidos y sin marcas de crecimiento definidas (MORALES-NIN, 1992); este tipo de cristalización, según nuestras observaciones, se produce en *Pagellus acarne* con relativa frecuencia. El núcleo del otolito tiene una zona central homogénea que se corresponde con el periodo larvario, rodeado de un patrón muy regular de fibras proteicas que aparece después de completar la absorción del saco vitelino (MORALES-NIN, 1979).

De los tres pares de otolitos existentes, *sagitta*, *lapillus* y *asteriscus*, se utilizan para la determinación de la edad los *sagitta*. Su mayor tamaño facilita tanto el manejo como la lectura.

La lectura de anillos opacos e hialinos, en el supuesto de que se correspondan a un periodo anual, permite la determinación de la edad. Para asignar una edad a un otolito determinado es necesario fijar una fecha de nacimiento para la especie. Se consideran tantos años como anillos hialinos completos posea el otolito, incluyendo un año más si la estructura marginal es opaca y el individuo ha sido capturado después de la fecha de aniversario establecida.

6.2.2. Material y métodos.

6.2.2.1. Frecuencias de tallas.

Las frecuencias de tallas obtenidas a partir de la captura comercial suelen presentar problemas para la aplicación de los métodos al uso para la determinación de la edad, ya que pueden no representar la composición en tallas de la población explotada, por la propia selectividad de las artes o por las zonas de pesca frecuentadas.

El muestreo que hemos realizado nos hace creer que estos problemas no se dan en el caso estudiado. Por un lado la distribución de tallas corresponde a la obtenida con la captura de muy diversos artes, que explotan en conjunto prácticamente toda la gama de tallas posibles. Por otro lado, el área estudiada es la suficientemente pequeña como para pensar que todas las zonas de distribución de la especie son muestreadas (capturadas), al menos a una escala media, ya que no se ha podido tener acceso a información proveniente de todos los caladeros. De todas maneras la aparición en las capturas de determinadas fracciones de la población con mayor frecuencia, debido a una mayor incidencia del esfuerzo pesquero, puede oscurecer la importancia relativa de unas clases modales con respecto a otras.

Por este motivo para los análisis pertinentes que veremos a continuación, sólo se han utilizado las composiciones en tallas obtenidas a partir de las campañas MERSEL (GIL DE SOLA, 1994) realizadas en el área estudiada en los meses y años siguientes: Junio y Octubre de 1991, Marzo y Septiembre de 1992 y Junio de 1993.

Si bien al analizar exclusivamente los datos extraídos de estas campañas introducimos un factor de error nuevo, la discontinuidad en el tiempo, solventamos sobradamente los otros dos problemas: las campañas cubren el área completamente en base a un muestreo aleatorio estratificado y el muestreador utilizado (el arte de arrastre), es susceptible de capturar prácticamente toda la gama de tallas existentes.

De esta manera cada distribución de frecuencias obtenida representa, a nuestro entender, mucho mejor la estructura en tallas de la población, aunque en un momento más concreto, que las conseguidas a través de la información proveniente de la actividad pesquera.

De las campañas MERSEL se han analizado campaña por campaña las frecuencias de tallas de la población de *P. acarne* a través del método de BHATTACHARYA (1967). Este método ha sido aplicado usando el programa FISAT (GAYANILO et al., 1994),

paquete informático que es la versión mejorada y resultante de la fusión de los programas ELEFAN (GAYANILO et al., 1988) y LFSA (SPARRE, 1987). Consiste básicamente en separar los componentes normales del total de la distribución de tallas, representando cada uno una cohorte de peces. Más detalles sobre el modelo pueden encontrarse en diversos manuales de ciencia pesquera (por ejemplo SPARRE et al., 1989).

Como medida de la separación satisfactoria entre dos componentes normales vecinos, se ha observado que los *índices de separación* fueran significativos, es decir mayores de 2 (SPARRE et al., 1989).

El método produce estimaciones de la talla media de cada una de las distribuciones normales encontradas, así como del número de individuos perteneciente a cada cohorte. Se consiguen resultados satisfactorios para los primeros componentes normales, no así para los correspondientes a los individuos con tallas más grandes (y por tanto más viejos), ya que existe un alto grado de solapamiento entre las distribuciones normales correspondientes.

Con las datos obtenidos, uniendo las medias y analizando la evolución temporal de las cohortes encontradas, se pueden estimar los parámetros de la ecuación de crecimiento de VON BERTALANFFY (VBGF), mediante la aplicación de algunos de los métodos que veremos más adelante. Sin embargo, es necesario asignar de modo más o menos arbitrario edades a cada una de las medias encontradas, puesto que el método no ofrece valores directos, por lo que los resultados son bastante subjetivos. No obstante este método resulta particularmente útil para reconocer las primeras clases modales y por tanto las primeras edades, pudiéndose usar para validar otros métodos.

En el caso que nos ocupa, lo hemos utilizado además para obtener el valor medio del primer componente normal, para usarlo como valor de entrada a la edad uno en la VBGF y así poder obtener estimaciones de la t_0 en el método empleado para obtener los parámetros de crecimiento.

Para la estimación de los parámetros de la VBGF, se ha utilizado el método de PAULY (1985) modificado por GAYANILO et al (1988) utilizando el paquete informático FISAT (GAYANILO et al, 1994).

6.2.2.2. Lectura de otolitos.

Entre los otolitos extraídos a los cerca de dos mil ejemplares muestreados entre los años 1989-1992, se seleccionaron para su lectura un total de 462 muestras, correspondientes a individuos comprendidos en un rango de longitud total entre 8 y 33 cm. No fueron consideradas por diversos problemas (principalmente por lecturas muy dudosas) 93 muestras, siendo tenidas en cuenta el resto (369) para la determinación de la edad.

Los otolitos más grandes estaban muy calcificados, por lo que su lectura ofreció ciertos problemas. Para tratar de visualizar mejor los anillos nos decidimos a emplear varias técnicas de preparación, incluyendo cortes en diversos ejes. Ninguna de las técnicas empleadas fue lo suficientemente satisfactoria, por lo que las lecturas fueron efectuadas sobre los otolitos enteros previamente aclarados con glicerina, lo que permitió apreciar mejor las estructuras de crecimiento bajo lupa binocular.

Para la lectura de los otolitos se contó con la colaboración de otro lector experimentado, aunque no para el total de las muestras. Se siguieron las normas de lectura recomendadas (HOLDEN Y RAITT, 1974), no teniéndose en ningún momento referencia alguna sobre la talla del otolito. A efectos de asignación de la edad se consideró como fecha de nacimiento el 1 de Junio y se consideró que cada banda de crecimiento correspondía a un año, hecho puesto de manifiesto en espáridos (ANDALORO, 1983; BALGUERIAS, 1993; LANG & BUXTON, 1993).

En bastantes otolitos la interpretación de las bandas de crecimiento se hizo más complicada por la existencia de muchos pseudoanillos. En otros, los correspondientes a los ejemplares más viejos, la proximidad entre bandas de crecimiento y la imposibilidad de

seguir éstas en el perímetro del otolito, debido a su mayor convexidad y a la aparición de numerosas crestas, dificultaban ostensiblemente su lectura. Para solventar estos problemas, se recurrió tanto a jugar con la intensidad de la luz y la posición del otolito, como a la lectura de los anillos en diversas zonas del mismo, para comprobar que las lecturas eran coincidentes. En algunos casos las lecturas fueron tan dudosas que se prefirió desechar la muestra.

Para estimar los parámetros que definen la VBGF (L_{∞} , K y t_0) se han ensayado varios métodos de los existentes, basados la mayoría en reorganizaciones de la misma ecuación de VON BERTALANFFY para, ajustando los datos de entrada, calcular los parámetros por análisis de regresión lineal.

El primer método que fue propuesto por VON BERTALANFFY (1934), permite estimar K y t_0 , requiriendo como valor de entrada una estimación de L_{∞} , que puede calcularse de dos maneras:

- Usando la talla más grande registrada o la talla media de los ejemplares más grandes capturados.
- Usando el método de WETHERALL et al. (1987).

Este último método es quizás el mejor (SPARRE et al., 1989), usándose no sólo para obtener una estima de L_{∞} sino también para obtener un valor del parámetro Z/K (siendo Z la tasa de mortalidad total). Para el cálculo de ambos parámetros se parte de la distribución de tallas de la captura. En este caso el parámetro Z/K que es el más relacionado con las tallas más explotadas, no es de nuestro interés, por lo que en vez de usar la distribución real de frecuencias de tallas de la captura, hemos preferido introducir como pares de valores los derivados de las campañas MERSEL, ya que en éstas aparecen longitudes mayores y sus distribuciones no están afectadas de posibles sesgos motivados por la selectividad de los diferentes artes, sesgos que pueden modificar el ajuste.

Los cálculos necesarios para ejecutar el método de Wheterall et al., han sido realizados con el módulo correspondiente del programa FISAT (GAYANILO et al., 1994).

Como valor de ensayo de L_{∞} para el método de VON BERTALANFFY, se ha escogido el correspondiente a la media de las mayores longitudes totales registradas en todas las campañas analizadas, dando como resultado un valor de 32.14 cm.

Una vez obtenido este valor de L_{∞} , puede ser introducido como entrada en la VBGF, modificada de la siguiente manera:

$$- \ln \left(\frac{1 - L(t)}{L_{\infty}} \right) = - K t_0 + K t$$

donde la edad (t) es la variable dependiente y el primer término de la ecuación, de valor conocido una vez estimada L_{∞} , la variable independiente. La ecuación define una regresión lineal del tipo $y = a + bx$ en la que K representa la pendiente ($K = b$) y el término $-K t_0$ el intercepto, de donde $t_0 = -a / b$.

El método de FORD (1933) y WALFORD (1946), permite obtener los valores de los parámetros K y L_{∞} . Manipulando algebraicamente la VBGF original se obtiene la siguiente función:

$$L_{(t+\Delta t)} = L_{\infty} (1 - e^{(-K\Delta t)}) + (e^{-K\Delta t}) L_t$$

Una regresión lineal de $L(t + \Delta t)$ contra L_t , permite estimar K y L_∞ , de la siguiente manera:

$$K = -\frac{1}{\Delta t} \ln b$$

$$L_\infty = \frac{a}{1-b}$$

Este método no permite hacer una estimación directa de t_0 , pero una vez obtenidas K y L_∞ puede calcularse despejándolo de la VBGF, empleando como valor de L_t el correspondiente a la talla media de una edad joven y completamente reclutada (PEREIRO, 1982).

El método de GULLAND y HOLT (1959) utiliza también una manipulación algebraica de la VBGF, obteniéndose la siguiente versión:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = K L_\infty - K L_{(t)}$$

donde $\Delta L/\Delta t$ representa el incremento en talla entre dos edades consecutivas y $L_{(t)}$ la talla media correspondiente a esas edades. Por simple regresión lineal de estos dos términos, siendo el primer término de la ecuación la variable independiente y $L_{(t)}$ la dependiente, pueden calcularse los valores de K ($K = -b$) y L_∞ ($L_\infty = -a/b$). Al igual que en el

método anterior tampoco en este caso se obtiene un valor para t_0 , pudiéndose calcular indirectamente de manera similar a la anteriormente comentada.

Por último se han estimado los parámetros de la VBGF por el método de los mínimos cuadrados, que a partir de los pares de observaciones (talla, edad) disponibles realiza un ajuste no lineal de manera iterativa, minimizando la suma de los cuadrados de las desviaciones entre el modelo y las observaciones. Este método produce estimaciones independientes de K , L_{∞} y t_0 . Para ello se ha utilizado el módulo correspondiente del programa FISAT (GAYANILO et al., 1994)) que es la versión mejorada de la rutina VONBER del paquete informático LFSA (SPARRE, 1987).

6.2.3. Resultados.

6.2.3.1. Frecuencias de tallas.

Los resultados obtenidos con el método de BHATTACHARYA figuran en la tabla 6.4.

CAMPAÑAS	VALORES MEDIOS ENCONTRADOS			
	1	2	3	4
MERSEL0691	10.16	15.01	20.62	28.60
MERSEL1091	13.25	16.43	23.11	-
MERSEL0392	11.42	16.84	24.69	32.88
MERSEL0992	14.35	20.73	25.91	30.19
MERSEL0693	10.44	16.78	24.13	28.46

Tabla 6.4. Valores de las medias (longitud total en cm) de cada uno de los componentes normales encontrados por el método de BHATTACHARYA en las distribuciones de frecuencias de tallas obtenidas en la serie de campañas MERSEL.

Siguiendo el mismo criterio de asignación de edades que en el caso de los otolitos, que veremos más adelante, y teniendo en cuenta que se ha considerado como fecha de nacimiento el 1 de Junio, la talla media del primer componente normal separado debe corresponder a la edad uno en todos los casos, excepto en el de la campaña de marzo (11.42 cm), ya que resulta demasiado pequeño y no sería coherente con el resto de las tallas medias. Por tanto, se ha asignado en este caso como perteneciente a la clase de edad uno la talla media del segundo componente normal, es decir 16.84 cm. Como resultado se obtiene una talla media de 13 cm. para los individuos de edad uno.

	L_{∞}	K	t_0
1991	34.6	0.36	- 0.31
1992	32.5	0.38	- 0.36
1993	35.2	0.31	- 0.49
Total (1991-93)	35.9	0.37	- 0.22

Tabla 6.5. Valores de los parámetros de crecimiento de la VBGF, hallados mediante el análisis de las distribuciones de frecuencias de tallas por medio del programa FISAT (GAYANILO et al., 1994), para los años 1991, 1992, 1993 y el periodo 1991-93.

Este método no permite una estimación directa de t_0 , por lo que para su cálculo se ha asumido como talla media del primer año la de 13 cm., que es la talla media asignada al primer año de vida obtenida según los resultados estimados por el método de BHATTACHARYA, y se ha determinado este parámetro directamente de la VBGF.

Los resultados obtenidos para cada uno de los años en los que se han realizado las campañas MERSEL así como el del análisis conjunto de todos los años aparecen en la tabla 6.5.

Las curvas resultantes (figura 6.4) son muy parecidas para los años 1991 y 1993, y ligeramente diferentes en 1992, año en el que la L_{∞} obtenida es la mayor. Del análisis del conjunto de las distribuciones de las campañas (periodo 1991-93), resulta una curva de crecimiento coincidente con las de los análisis anuales para los dos primeros años de

edad, pero que muestra un crecimiento más rápido para edades mayores, probablemente estando muy influenciada por valores más altos de K y L_{∞} observados en algunos de los ajustes por año.

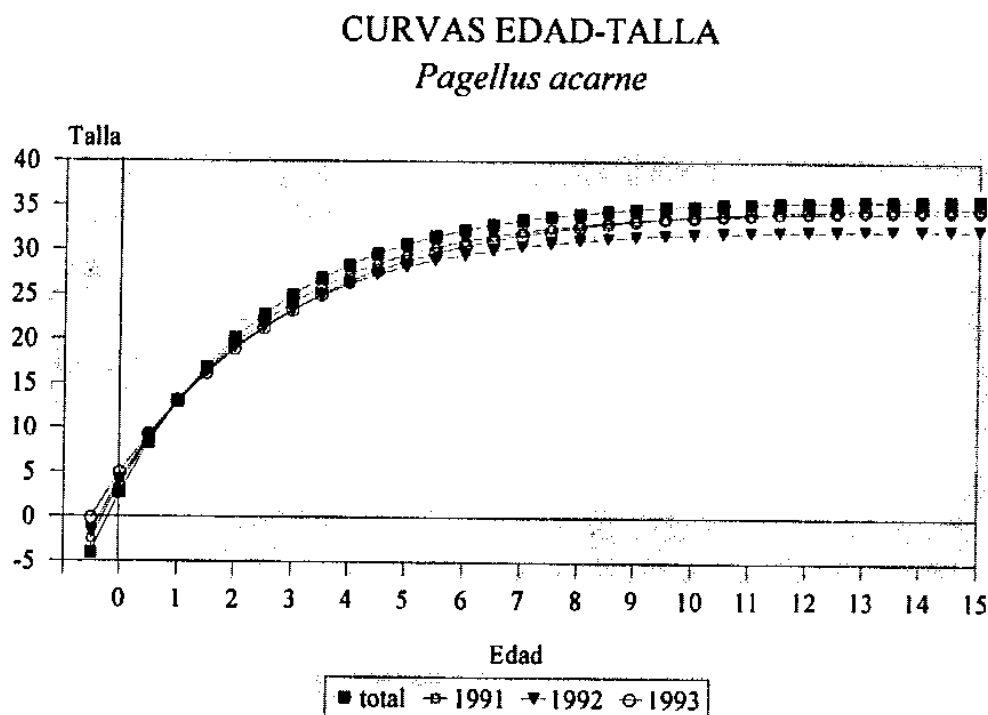


Figura 6.4. Curvas de crecimiento de *Pagellus acarne* obtenidas mediante el ajuste a una VBGF por el método de PAULY (1985) modificado por GAYANILO et al. (1988), a partir de frecuencias de tallas.

6.2.3.2. Resultados de la lectura de otolitos.

El número máximo de anillos leídos fue de 16 en una muestra de otolito, sin embargo la escasa representación de los otolitos de los individuos más viejos hizo fijar como tope la asignación de una edad de 13 años, siendo este componente por tanto un grupo plus. No fue considerado un crecimiento diferencial entre machos y hembras, debido al carácter hermafrodítico de la especie.

EDAD	LT MEDIA	DEV TIP	N
0	10.6	1.58	38
1	14.1	2.55	84
2	17.9	2.40	46
3	20.6	2.11	67
4	22.2	2.02	51
5	23.6	1.74	28
6	24.6	2.41	16
7	25.9	1.19	10
8	25.8	1.95	7
9	27.5	1.73	4
10	29.3	1.96	6
11	30.2	0.95	4
12	30.0	2.48	5
13	30.0	2.64	3

Tabla 6.6 Talla media (LT MEDIA) correspondiente a cada edad en *Pagellus acarne*, obtenidas mediante lecturas de otolitos. DEV.TIP. = desviación típica; N = número de individuos muestreados.

Los resultados de las lecturas figuran en la tabla 6.6., donde se expresa la talla media (cm) correspondiente a cada edad y la desviación típica correspondiente.

En la tabla 6.7 se presentan los resultados obtenidos aplicando cada uno de los métodos de resolución de la VBGF. Para comparar más fácilmente los valores de los distintos parámetros en la misma tabla se han incluido también los datos correspondientes al ajuste realizado mediante el uso de las distribuciones de tallas, expuesto en párrafos precedentes, para el periodo 1991-1993, figurando como método de Pauly.

Existen varios aspectos a destacar en relación con los valores que toman cada uno de los parámetros. El rango de los valores de L_{∞} es bastante variable (30-36 cm) y los valores de K se mueven en el rango de 0.19 hasta 0.38, lo que junto a lo anterior indica que se trata de una especie con una tasa de crecimiento

relativamente elevada, como ya comentaba DOMANEVSKAYA (1987). Por otro lado, en todos los casos las t_0 calculadas son negativas, alejándose en ciertos casos mucho del valor teórico cero (métodos de VON BERTALANFFY y de FORD-WALFORD).

METODOS	L_{∞}	C.V.	K	C.V.	t_0	C.V.	r
PAULY	35.9		0.37		- 0.22		
VON BERTALANFFY	32.14		0.19		- 1.98		0.98
FORD-WALFORD	31.40		0.20		- 1.93		0.99
GULLAND Y HOLT	32.05		0.23		- 1.52		0.80
AJUSTE NO LINEAL	29.62	0.02	0.27	0.08	- 1.36	- 0.1	

Tabla 6.7. Valores de los parámetros de crecimiento de *Pagellus acarne* obtenidos según diversos métodos de ajuste a la ecuación de VON BERTALANFFY. C.V. = coeficiente de variación; r = coeficiente de correlación.

CURVAS DE CRECIMIENTO *Pagellus acarne*

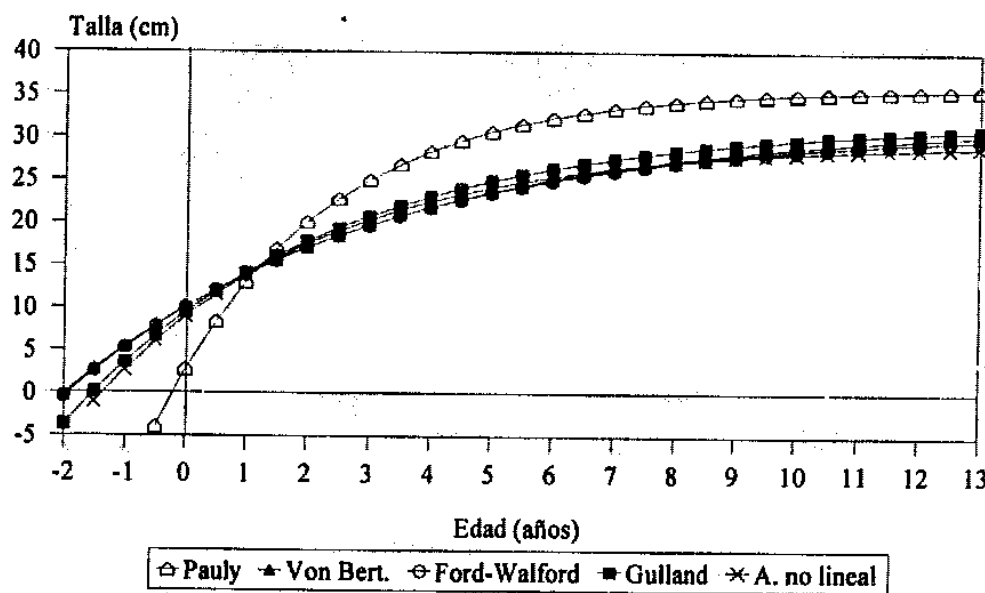


Figura 6.5. Curvas de crecimiento de *Pagellus acarne* obtenidas según distintos métodos de ajuste del modelo de VON BERTALANFFY.

El resultado gráfico de los ajustes (figura 6.5) muestra curvas de crecimiento muy similares en todos los casos, excepto para la representativa de los parámetros obtenidos mediante frecuencias de tallas (Pauly en la figura 6.5), que muestra un patrón muy diferente, con tasas de crecimiento más elevadas.

6.2.4. Discusión.

La simple observación de las variaciones en las tasas de crecimiento entre las edades, así como la evolución en el incremento de las tallas medias, (figura 6.6), muestran, como cabría esperar, que el crecimiento se ajusta a un modelo exponencial asintótico, que, por tanto, puede ser bien representado por la VBGF.

Las tasas de crecimiento entre edades son muy rápidas al principio para ralentizarse mucho a partir de 5-7 años. Se puede observar que existen variaciones anómalas a partir de esta edad, en la que el crecimiento en un intervalo es nulo y en otros es superior que a edades más jóvenes. Estas variaciones son motivadas más que por factores biológicos que provoquen realmente ritmos diferentes de crecimiento, por el escaso número de individuos que han sido analizados en esas edades, lo que desvirtúa de alguna manera la talla media obtenida.

Observando las tallas medias de la tabla 6.6 y el gráfico de la figura 6.6, se puede apreciar que el incremento en centímetros que se produce entre uno y dos años (3.77 cm) es ligeramente superior respecto al del periodo entre cero y uno (3.54 cm), aunque las tasas de crecimiento, al tratarse de valores relativos, no lo sean. Esta anomalía, puede ser resultado de una sobreestimación de la media para el periodo de edad entre 0 y 1, como consecuencia de que no aparecen o están muy escasamente representados los individuos menores de 8 cm, debido bien a la selectividad de los artes de pesca, o bien a la ausencia de estos individuos en las áreas de pesca muestreadas. Esta última apreciación parece la más probable, ya que en las muestras obtenidas en la serie de campañas MERSEL el arte de arrastre lleva un copo interno de 20 mm, por lo que su selectividad, al menos en lo

referente a la malla, es prácticamente nula, siendo susceptibles de ser capturados ejemplares de las tallas más pequeñas. Además, los ejemplares juveniles tienen un comportamiento más pelágico y de hábitats más costeros que los adultos (DOMANEVSKAYA, 1987), lo que es demostrado por el hecho de que aparezcan ocasionalmente de manera abundante en las capturas realizadas con artes de cerco en la zona litoral.

TASAS DE CRECIMIENTO

Pagellus acarne

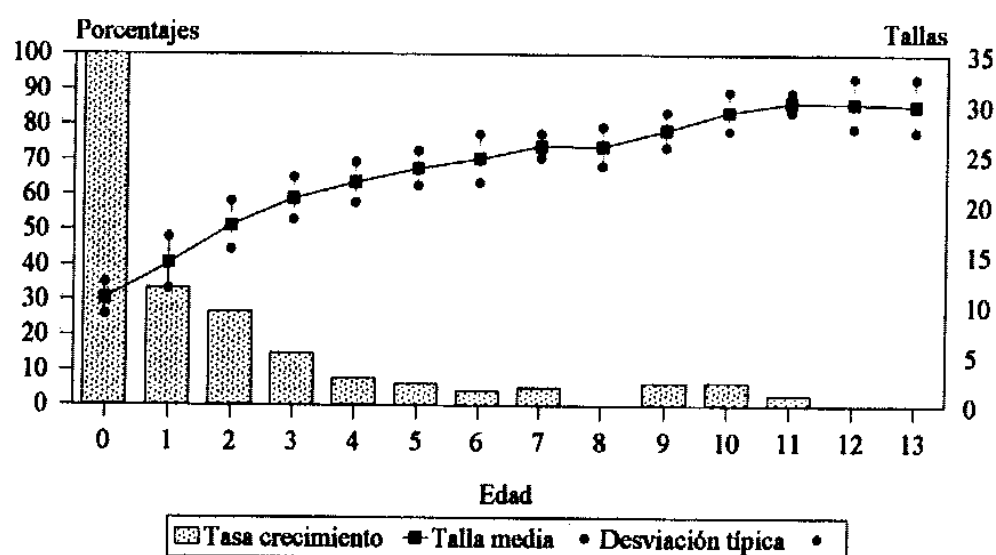


Figura 6.6. Tasas de crecimiento entre edades de *Pagellus acarne*.

Algunos autores han observado también anomalías en las tasas de crecimiento de ciertos espáridos. Así BALGUERÍAS (1993) describe una ralentización del crecimiento en las edades más jóvenes de *Spondyllosoma cantharus*, que relaciona con el proceso de primera maduración sexual. No parece éste nuestro caso, ya que el rango de tallas

afectado coincide solo en una pequeña parte con longitudes en que ocurre la primera madurez, y en todo caso, lo que observamos para *Pagellus acarne* es una aceleración del crecimiento y no lo contrario. Por otro lado GARRAT et al. (1993), describen para *Chrysoblephus puniceus* un crecimiento diferencial entre los individuos machos y hembras, demostrando que existe una aceleración del crecimiento cuando ocurre el cambio de sexo. En el capítulo 5 vimos como el cambio de sexo ocurre de forma masiva entre las tallas de 21 y 22 cm, que corresponderían según la figura 6.6 al rango de edades entre 3 y 4 años y no al afectado por la anomalía descrita, por lo que tampoco parece que este fenómeno sea el causante.

Por tanto, a la vista de lo expuesto parece como causa más razonable que este aparente ritmo de crecimiento más rápido en una edad superior, sea causado simplemente por la sobrestimación de la talla media en el rango de edades 0-1.

Decidir sobre cual de los ajustes ensayados para el cálculo de los parámetros de la VBGF es el más acertado no es tarea fácil, sobre todo si tenemos en cuenta que en principio no se puede afirmar con absoluta rotundidad que uno de los métodos sea más válido que los demás. Un test ampliamente utilizado para comparar el crecimiento entre distintas especies o de poblaciones diferentes de la misma es el denominado ϕ' (fi prima) de Munro (MUNRO Y PAULY, 1983), que modificado por SPARRE et al. (1989) queda expresado por:

$$\phi' = \ln K + 2 \ln L_{\infty}$$

Este test, al igual que otros que forman la familia de las "growth performance index", relaciona los parámetros K y L_{∞} que, como hemos visto, están íntimamente relacionados y que por separado no definen por sí solos el tipo de ciclo vital de una especie.

Los autores citados encontraron que este índice era muy similar para especies de una misma familia, demostrando que los distintos valores de ϕ' estaban distribuidos normalmente. Además, comprobaron que resultaba ser el más preciso frente a otros índices por presentar menores varianzas.

Gracias a este índice es posible evaluar la fiabilidad de la estimación de una curva de crecimiento. Si dos ϕ' que representan parámetros de crecimiento para el mismo stock difieren mucho, esto indica que una o ambas de las estimaciones están sesgadas.

En la tabla 6.8 figuran para varias especies de espáridos del Mediterráneo y áreas adyacentes, los valores de los parámetros de crecimiento encontrados por diversos autores, así como los de ϕ' calculados a partir de éstos. Además están incluidos los valores de ϕ' obtenidos a partir de nuestros ajustes.

Los valores de ϕ' se distribuyen alrededor de un valor igual a 5.3 (figura 6.7). Hay algunas combinaciones de parámetros que se separan bastante de ese valor medio, y que además no siguen la pauta de crecimiento dada por otros autores para la misma especie (caso de *Pagellus erythrinus* en Pe3 y Pe4). En líneas generales podemos ver como la ϕ' para los espáridos analizados se mantiene entre los valores 5 y 6. Concretamente las calculadas en este estudio se mantienen muy próximas al valor medio observado, excepto Pa7, valor correspondiente al ajuste desarrollado mediante distribuciones de frecuencias de tallas (método de PAULY), que resulta bastante superior. A este respecto SPARRE et al. (1989) comentan que los resultados obtenidos con ELEFAN I (que aquí hemos denominado método de PAULY) producen generalmente estimaciones más altas de la L_{∞} , ya que en caso contrario la ecuación no se resuelve satisfactoriamente para las tallas más altas.

ESPECIE	CLAVE	ÁREA	L _∞	K	φ'	AUTOR
<i>Boops boops</i>	Bb1	Túnez	32.27	0.1107	4.75	Anato y Ktari (1986)
	Bb2	Beni-Saf	27.9	0.18	4.94	Djabali et al. (1991)
	Bb3	Golfo León	30.05	0.172	5.04	Girardin (1981)
	Bb4	Chipre	24	0.53	5.72	Livadas (1989a)
	Bb5	Castellón	35.55	0.1659	5.35	Zuñiga (1967)
<i>Diplodus annularis</i>	Da1	Golfo León	17.12	0.56	5.10	Girardin (1978)
<i>Diplodus sargus</i>	Ds1	Golfo León	21.018	0.5313	5.46	Girardin (1978)
	Ds2	Golfo León	46.7	0.115	5.53	ManWai et Quigna.(1982)
<i>Diplodus vulgaris</i>	Dv1	Golfo León	26.778	0.255	5.21	Girardin (1978)
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Lm1	Gabes	24.5	0.164	4.59	Ghorbel (1981)
	Lm2	Castellón	33.27	0.275	5.72	Suau (1970)
<i>Pagellus acarne</i>	Pa1	Messina (σ)	29.78	0.32	5.65	Andaloro (1982)
	Pa2	Messina (♀)	26.23	0.42	5.67	Andaloro (1982)
	Pa3	Beni-Saf	24.4	0.30	5.19	Djabali et al. (1991)
	Pa4	NW Atlántico	37.9	0.25	5.88	Domanevskaya (1987)
	Pa5	Canarias	32.09	0.232	5.48	Gonzalez Pajuelo y Lorenzo Nespereia (1994)
	Pa6	NW Atlántico	36.0	0.23	5.70	Le Trong Phan y Kompowsky (1972)
	Pa7	Alboran	35.9	0.37	6.16	Pauly (*)
	Pa8	Alboran	32.14	0.19	5.28	Von Bertalanffy (*)
	Pa9	Alboran	31.40	0.20	5.28	Ford-Walford (*)
	Pa10	Alboran	32.05	0.23	5.46	Gulland y Holt (*)
	Pa11	Alboran	29.62	0.27	5.47	Ajuste no lineal (*)
<i>Pagellus erythrinus</i>	Pe1	Sicilia	36.7	0.164	5.40	Andaloro y Giarritta (1985)
	Pe2	Golfo León	30.0	0.297	5.59	CGPM (1982a)
	Pe3	Túnez	29.0	0.12	4.61	CGPM (1982b)
	Pe4	Túnez	29.0	0.117	4.59	Ghorbel (1981)
	Pe5	Golfo León	30.9	0.287	5.61	Girardin (1978)
	Pe6	Golfo León	40.5	0.247	6.00	Girardin (1981)
	Pe7	Adriático	37.88	0.20	5.66	Jukic y Piccinetti (1981)
	Pe8	Castellón	51.7	0.136	5.90	Larrañeta (1964)
	Pe9	Castellón	51.65	0.136	5.90	Larrañeta et al. (1969)
	Pe10	Mediterráneo	30.0	0.203	5.21	Livadas (1989b)
	Pe11	Grecia	48.2	0.062	4.97	Mytilineou (1989)
	Pe12	Adriático	37.88	0.20	5.66	Rijavec y Zupanovic (1965)
<i>Pagrus pagrus</i>	Pp1	Grecia	45.089	0.118	5.48	Vassilopoulou (1989)

Tabla 6.8. Parámetros de crecimiento y ϕ' de Munro de varias especies de Espáridos del Mediterráneo y de poblaciones de besugo de este mar y áreas adyacentes. Marcados con (*) los valores de los distintos métodos de ajuste utilizados en este estudio. Las mismas claves son utilizadas en la figura 6.7.

A la vista de estos resultados podemos desechar de entrada los valores obtenidos a través del análisis de frecuencias de tallas, puesto que el valor de ϕ' resulta demasiado elevado. Sin embargo, no parece suficiente solo el valor de ϕ' para elegir entre el resto de las ecuaciones una en detrimento de las demás.

BALGUERÍAS (1993) tratando de discriminar entre ecuaciones de crecimiento, para tomar una decisión sobre cual de ellas representa mejor el crecimiento de *Spondyllosoma cantharus*, muestra para un conjunto de especies de espáridos la posición espacial que ocupa cada una en función de su K y L_{∞} . Argumenta que aquellas más próximas a la hipotética curva que relaciona ambos parámetros representan mejor el crecimiento de la especie en cuestión.

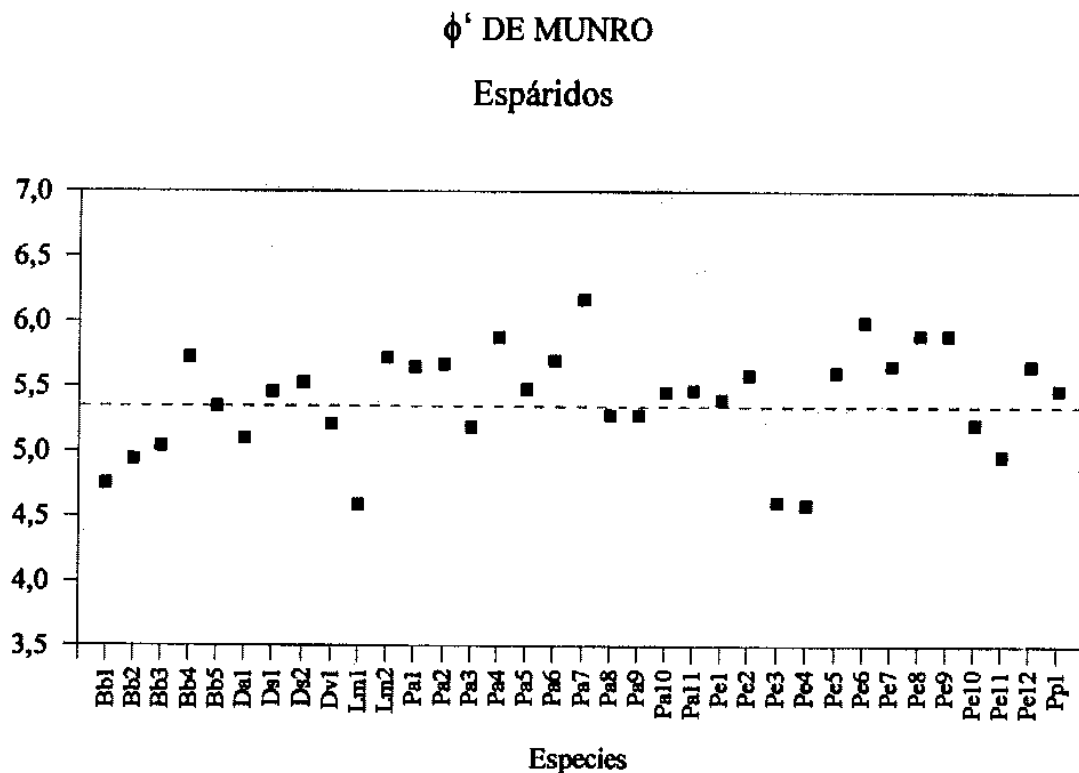


Figura 6.7. Distribución de la ϕ' de Munro para algunas especies de espáridos del Mediterráneo y poblaciones de besugo de este mar y áreas adyacentes. En línea discontinua la ϕ' media. Las claves de las especies son las que figuran en la tabla 6.8.

Construyendo de forma similar un gráfico para las especies y casos seleccionados en la tabla 6.8 (figura 6.8), vemos que los resultados que se obtienen muestran, de nuevo, que los valores calculados en el presente estudio se encuentran prácticamente sobre la curva que representa la relación K- L_{∞} para la familia *Sparidae*, que lógicamente tiene la forma de una exponencial negativa. Algunos valores en cambio (Pa3 y Pa4), quedan alejados de esta hipotética curva, y otros como Pa2 parecen distanciarse lo suficiente de la nube de puntos, como que por lo menos, nos hagan considerar que los parámetros aquí calculados parezcan suficientemente razonables o al menos tan fiables como los obtenidos por otros autores.

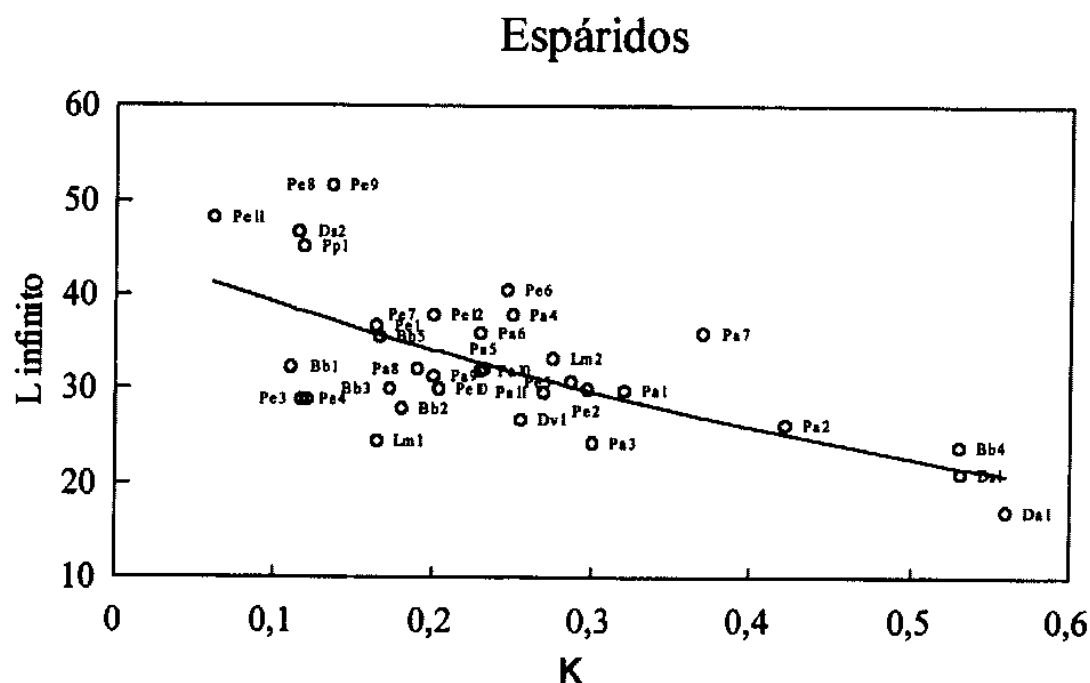


Figura 6.8. Relación entre K y L_{∞} para algunas especies de espáridos del Mediterráneo y poblaciones de *Pagellus acarne* de este mar y áreas adyacentes. Se incluyen también los datos aportados en este estudio. Las claves de las especies son las referidas en la tabla 6.8.

Sin embargo, el problema que se trataba de dilucidar permanece después de estos intentos discriminatorios, por lo que en principio cualquiera de las combinaciones de parámetros podría ser válida.

A efectos de posteriores análisis, resulta necesario decidimos por una de las ecuaciones. SPARRE et al. (op. cit.) argumentan que el método de VON BERTALANFFY es más robusto que los de GULLAND y HOLT y FORD-WALFORD, en el sentido de que arroja una mejor estimación de K , siempre que la estimación de la L_{∞} de entrada sea razonable. También comentan que el método de GULLAND y HOLT puede ser más poderoso en el sentido de que es mejor resolviendo casos en los que las observaciones están en conflicto con el modelo de VON BERTALANFFY.

Como la L_{∞} estimada como entrada para el ajuste de VON BERTALANFFY parece ser razonablemente buena, los resultados obtenidos por este método podrían ser los más acertados, sin embargo el valor calculado de K (0.19) se nos antoja excesivamente bajo (recordemos que una sobreestimación de L_{∞} produce una subestimación de K), tal y como parecen mostrar los resultados de otros autores y como parece desprenderse de la figura 6.8 (Pa8), en la que la posición que ocupa, a pesar de situarse sobre la curva, es la más extrema de la especie hacia los valores de K más bajos, más parecido al crecimiento de especies como *Boops boops* o *Pagellus erythrinus*.

Un caso parecido ocurre para el par de valores calculados por el método de FORD-WALFORD, que además, junto al método anterior, muestran los valores de t_0 más bajos (tabla 6.7). En principio podemos por lo tanto desechar también las combinaciones de parámetros obtenidos por estos métodos, quedándonos por decidir tan sólo entre los dos restantes.

Entre los métodos de Gulland y Holt y el de ajuste no lineal parece mejor este último por dos razones: en primer lugar, es el único que produce estimaciones independientes de cada uno de los parámetros; en segundo lugar, tal y como comentan SPARRE et al

(1989), resulta superior al resto de métodos desde el punto de vista de la teoría de la estimación. Así para los próximos análisis adoptaremos como ecuación de crecimiento la definida por los valores de $L_{\infty} = 29.62$, $K = 0.27$ y $t_0 = -1.36$.

Sin embargo, estos valores no terminan de convencernos completamente como los más idóneos, ya que la L_{∞} resulta demasiado baja para las tallas máximas observadas (33 cm) y el valor de t_0 resulta demasiado bajo. No encontramos argumentos satisfactorios que justifiquen estas aparentes discrepancias, aunque sí algunas ideas en las que pueden residir las causas.

En principio parece que la curva ajustada por el método de frecuencias de tallas define mejor el patrón de crecimiento de las edades más jóvenes (hasta los dos años de edad), y que el resto de métodos lo hacen para las edades mayores (figura 6.5). Probablemente, una solución intermedia entre ambas situaciones podría ser la verdadera. El aparente y brusco cambio del ritmo de crecimiento podría quedar justificado bien por razones asociadas a la consecución de la madurez sexual o, como proponen otros autores (GARRAT et al., 1993), a tasas de crecimiento diferentes en el momento del cambio de sexo.

En resumen, las reflexiones anteriores nos conducen a la necesidad de profundizar en el estudio del crecimiento de la especie, en especial atendiendo a las edades extremas y a los problemas asociados a los cambios de ritmo que puedan ocurrir en las edades de primera madurez o de inversión sexual.

7. MORTALIDAD NATURAL.

En biología pesquera, la manera más útil para expresar la disminución del número de individuos que experimenta una clase de edad a lo largo del tiempo es utilizar las tasas exponenciales de disminución (PAULY, 1985), definidas en una de las ecuaciones básicas de la dinámica de poblaciones, la ecuación de supervivencia:

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

donde

N_0 = número inicial de individuos en el instante t_0

N_t = número de supervivientes en el instante t

Z = tasa instantánea de mortalidad total

La tasa instantánea de mortalidad total expresa la proporción de individuos de una cohorte que muere por cualquier causa en un periodo de tiempo muy corto. Está formada por dos componentes que dependen de la causa que produce la disminución de individuos, conocidos como mortalidad pesquera y mortalidad natural. El primero de ellos se refiere al proceso por el que se eliminan individuos por la actividad pesquera, y el segundo al proceso por el que las muertes se producen por causas independientes de la pesca, tales como la depredación por otros organismos, enfermedades, senilidad, etc. (PEREIRO, 1982).

Para medir la intensidad de estos procesos se emplean las tasas instantáneas de mortalidad por pesca (F) y mortalidad natural (M). La primera se define como la proporción de individuos de una cohorte que muere por efecto de la pesca en un periodo de tiempo muy corto, y la segunda, de manera análoga, como la proporción de individuos de la cohorte

que muere por causas independientes de la actividad pesquera en un periodo de tiempo muy corto.

De esta manera tenemos que:

$$Z = F + M$$

Así, si $F = 0$, tendremos que $Z = M$. Es decir que la tasa instantánea de mortalidad natural y la de mortalidad total tendrán el mismo valor en ausencia de actividad pesquera, caso de stocks no explotados.

La estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural es una faceta indispensable en el conocimiento de la dinámica de poblaciones que veremos más adelante, ya que es uno de los parámetros de entrada en las técnicas de análisis que se utilizarán. Sin embargo, es el parámetro que presenta más dificultades a la hora de obtener una estimación lo suficientemente fiable.

La mayoría de los métodos de análisis requieren de un valor único de entrada para la tasa de mortalidad natural, cuando es sobradamente conocido que ésta varía ampliamente a lo largo de la vida del individuo y en función de muchos factores de naturaleza muy diferente. Se puede considerar en líneas generales que M es más alta en las fases de huevo y larva, tiene valores más estables en la fase adulta y vuelve a aumentar ligeramente en los individuos más viejos. Pero también M se ve afectada por numerosas variables que actúan de manera más o menos acentuada en las distintas etapas de la vida o en áreas diferentes: densidad de la población, enfermedades, parasitismo, disponibilidad de alimento, abundancia de predadores, temperatura del agua, costo de la reproducción, etc. Estos factores hacen que la mortalidad natural deba ser estudiada a nivel local, no pudiéndose generalizar entre diferentes poblaciones (VETTER, 1988).

7.1. Material y métodos.

Para la estimación de M se ha desarrollado un numeroso abanico de métodos, de los que la mayoría consideran tan sólo la estimación de un único valor medio para todas las fases de vida de la cohorte, lo que simplifica mucho el trabajo de cálculo.

Un primer grupo de métodos se basan en estimar M a partir de Z (tasa instantánea de mortalidad total), calculada a su vez mediante análisis de los datos de captura. Estos métodos necesitan, para obtener estimaciones más o menos fiables de M , disponer de pares de valores de Z y esfuerzo (f) en un periodo de tiempo lo suficientemente largo como para cubrir un amplio rango de valores de esfuerzos. Además, dependen de que el stock no esté sometido a una fuerte tasa de explotación, es decir que la mayoría de la mortalidad total sea debida a la mortalidad natural. Como no se cumplen en nuestro caso ninguna de estas condiciones, no podemos aplicar estos métodos por lo que no entraremos en ellos.

Existen otros métodos basados en los datos de las pérdidas producidas a causa de la predación. En este caso es incluso posible obtener estimaciones de M para diferentes componentes de edad de la población, siempre y cuando se considere que la mayor parte de la mortalidad natural está causada por este factor. Desconocemos si métodos de este tipo han sido utilizados en el besugo, o para alguna otra especie de espárido, aunque en la bibliografía utilizada no hemos encontrado ninguna referencia al respecto. En cualquier caso, tampoco es posible emplearlo en nuestro caso.

Como una medida directa de M es muy difícil de obtener se ha tratado de identificar otras cantidades que sean proporcionales a M , que son mucho más fáciles de estimar. Así otros métodos se basan en las relaciones de la tasa de mortalidad natural con otros parámetros biológicos o factores ambientales. Entre ellos se encuentran los que relacionan M con el parámetro K de la VBGF, que como ha sido demostrado está íntimamente ligado a la longevidad de la especie (BEVERTON y HOLT, 1959; TANAKA, 1960; SAVILLE,

1977). De modo general, las especies con un valor alto de K tienen también un valor alto de M , y las de baja K una baja tasa de mortalidad natural. En base a esto BEVERTON y HOLT (op. cit.) y TANAKA (op. cit.) encontraron, respectivamente, las siguientes relaciones:

$$M = \frac{5}{T_{max}}$$

$$M = \frac{3}{T_{max}}$$

siendo T_{max} la edad del individuo más viejo en un stock no explotado o sometido a ligera explotación. En nuestro caso hemos utilizado como edad máxima la correspondiente a una longitud total de 29 cm, que se corresponde con la de los ejemplares más grandes registrados en los datos utilizados en los análisis y además compatible con los parámetros de crecimiento de la VBGF considerados ($L_{\infty} = 29.62$), siendo calculada a través de estos.

Otro método basado también en la longevidad de las especies, es el postulado por TAYLOR (1958). Parte de la suposición previa de que el 5% de los individuos más viejos de la población alcanzan el 95% de su L_{∞} . En base a ello estableció que:

$$M = \frac{2.996 K}{2.996 + Kt_0}$$

ecuación derivada de la relación:

$$M = \frac{\ln q}{t_0 + (1/K) \ln(1-p)}$$

donde $p = 0.95$ y $q = 0.05$.

Algunos métodos relacionan M con la maduración sexual; tal es el caso del método propuesto por RIKHTER y EFANOV (1976) que mostraron que existía una estrecha relación entre el valor de la tasa de mortalidad natural y la edad a la que el 50% de la población es sexualmente madura, considerada como edad de primera madurez (Tm_{50}). La relación propuesta es la siguiente:

$$M = \frac{1.521}{Tm_{50}} - 0.155$$

La edad de primera madurez utilizada en el caso del besugo ha sido de 2.99 años, que corresponde a la talla de primera madurez (19 cm) para el año 1991 (ver Capítulo 5).

PAULY (1980), en base a juegos de datos de L_{∞} , K , temperatura (T) y M derivados de 175 stocks diferentes de peces, demostró que existe una correlación entre la temperatura y la mortalidad natural en peces, estimando la siguiente relación empírica lineal:

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

El valor de T es la temperatura media anual, en grados centígrados, del agua del mar en la que vive el stock en cuestión y es aplicable entre temperaturas comprendidas entre los 5° y 30°C. Este autor comenta que en aquellos peces que vivan formando bancos, la estimación de M mediante esta fórmula está generalmente sobrestimada, por lo que resulta conveniente reducir su valor "por ejemplo multiplicando por 0.8" (PAULY 1980, 1985). En nuestro caso hemos utilizado como temperatura media del agua del mar el valor correspondiente a la media de los valores registrados en la zona entre los años 1980

y 1990, que fue de 18.5°C (CANO et al., 1994). El resultado obtenido de M fue modificado con el factor corrector 0.8, para especies formadoras de bancos.

7.2. Resultados y discusión.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de las ecuaciones anteriores se presentan en la tabla 7.1. Como se observa los valores estimados varían entre un rango muy amplio, comprendido entre el valor mínimo obtenido mediante el método de TANAKA (0.22) y el máximo marcado por el de RIKHTER y EFANOV (0.54).

MÉTODO	M	M/K
Beverton y Holt	0.37	1.39
Tanaka	0.22	0.83
Taylor	0.30	1.14
Rikhter y Efanov	0.54	2.03
Pauly	0.50	1.88

Tabla 7.1. Tasas instantáneas de mortalidad natural (M) y relación M/K calculadas por diferentes métodos.

Decidirse por un valor u otro no resulta una tarea fácil, puesto que los criterios que justifican a cada uno de los métodos pueden ser igualmente válidos. La mortalidad natural puede por tanto estar más relacionada con la longevidad que con cualquier otro factor como propone, además de los autores ya mencionados, ALAGARAJA

(1984), o en cambio el factor que afecta más directamente a M puede ser la predación (VETTER, 1988.).

La relación entre los valores de M y K se mantiene más o menos constante dentro de un grupo taxonómico dado, ajustándose bien a un modelo lineal PEREIRO, 1982). En la misma tabla 7.1 figuran para los valores de M calculados los correspondientes a esta relación, que, como vemos, fluctúan también mucho.

En la tabla 7.2 se presentan los valores de M encontrados en la bibliografía para algunas especies de espáridos del mediterráneo. Aunque el rango de M observado es muy amplio, oscilando entre 0.16 y 1.006, los valores de la relación M/K se mantienen más constantes (exceptuando el valor de 5.5, que debe ser erróneo), distribuyéndose alrededor de un valor medio de 1.69, con una desviación de 0.58.

ESPECIE	ÁREA	M	K	M/K	AUTOR
<i>Boops boops</i>	Orán	0.53	0.23	2.30	Girardin et al. (1986)
	Beni-Saf	0.22	0.18	1.22	Djabali et al. (1991)
	Golfo de León	0.336	0.1503	2.24	Girardin (1978)
	Golfo de León	0.2	0.171	1.17	Girardin (1981)
	Castellón	0.194	0.166	1.17	Zuñiga (1967)
<i>Diplodus annularis</i>	Golfo de León	0.58	0.56	1.04	Girardin (1978)
<i>Diplodus sargus</i>	Golfo de León	1.006	0.53	1.89	Girardin (1978)
<i>Diplodus vulgaris</i>	Golfo de León	0.582	0.255	2.28	Girardin (1978)
<i>Pagellus acarne</i>	Beni-Saf	0.44	0.3	1.47	Djabali et al. (1991)
<i>Pagellus erythrinus</i>	Túnez	0.66	0.12	5.5	Ghorbel (1981)
	Castellón	0.143	0.136	1.05	Larrañeta et al. (1969)
	Grecia	0.18	0.062	2.90	Mytilineou (1989)
<i>Pagrus pagrus</i>	Grecia	0.16	0.118	1.35	Vassilopoulou (1989)
<i>Sparus aurata</i>	Sète	0.48	0.256	1.86	Lasserre (1976)

Tabla 7.2. Valores de la tasa de mortalidad natural (M), de la tasa de crecimiento (K) y del índice M/K para diferentes especies de espáridos del Mediterráneo.

Aceptando la constancia de la relación entre M y K , estos últimos datos podrían ser suficientes para rechazar los valores más bajos calculados para M , pudiéndose encontrar el verdadero entre los valores 0.3 y 0.5. Sin embargo, la gama de valores de M encontrada por otros autores, las incertidumbres sobre las relaciones de M con otros

parámetros, la propia dificultad en la estimación de un valor fiable y la disparidad de resultados según los diferentes métodos, nos han llevado a realizar los ensayos de evaluación del siguiente capítulo tanto para los valores extremos (0.2 y 0.5), como para un valor intermedio (0.35). De este modo se pretende cubrir todo el espectro, donde se debe encontrar el valor verdadero, de manera que sea posible analizar los posibles cambios en los resultados.

8. DINÁMICA DE LA POBLACIÓN DEL BESUGO EN EL MAR DE ALBORAN.

8.1. Introducción: los modelos analíticos.

Los modelos pesqueros tienen como finalidad la simulación del estado de los recursos que explota la pesca. Tradicionalmente se consideran dos tipos de modelos: los globales y los analíticos. Los primeros relacionan la captura conseguida con el esfuerzo ejercido para obtenerla a través de un índice, denominado **CPUE** (captura por unidad de esfuerzo), que se considera proporcional a la abundancia del stock. Estos modelos son menos exigentes en el sentido de que no necesitan de un conocimiento exhaustivo de la biología de las especies, pero como contrapartida tienen la limitación de que para su uso es necesario disponer de series largas de capturas y esfuerzos que suelen ser difíciles de conseguir, sobre todo en las pesquerías mediterráneas. Los modelos analíticos simulan el comportamiento de la pesquería estudiando detalladamente los componentes y mecanismos que la forman (reclutamiento, crecimiento, mortalidades, ...). Por lo tanto requieren de un conocimiento profundo de la biología de la especie y, como consecuencia, de la estimación previa de una serie de parámetros relacionados con cada uno de los aspectos de esa biología.

Existen dos tipos de modelos analíticos: El Análisis de Población Virtual (APV; VPA en su acepción en inglés) y el modelo de Rendimiento por Recluta (Y/R).

El APV fue desarrollado por FRY (1949) y aplicado por GULLAND (1965). Este método permite reconstruir la estructura de una cohorte, a lo largo de su vida en su paso por la pesquería, en términos de número de individuos por edad a partir del número de individuos capturados por edad. También permite obtener las tasas instantáneas de mortalidad por pesca (F) que han actuado sobre cada edad. Por cohorte se entiende un conjunto de individuos de un stock que han nacido al mismo tiempo y que sufren el

mismo tipo de vicisitudes en su periodo de vida, por lo que los parámetros que las definen son similares para todos los individuos.

La idea básica de este método (o mejor métodos) es que la captura total de una cohorte en su periodo de vida es una primera aproximación al número de reclutas (los nuevos individuos que a una edad determinada son ya susceptibles de ser capturados) del que proviene esa cohorte. Por supuesto ese número es una subestimación, que puede ser convenientemente ajustada obteniendo una estimación de la tasa de mortalidad natural (M) que sufren. De ese modo podemos averiguar hacia atrás cuantos individuos de la cohorte estaban vivos año por año y, en el último de ellos, cuantos reclutas había. Al mismo tiempo podemos obtener las tasas de mortalidad por pesca (F) de cada edad puesto que hemos calculado el número de individuos vivos y conocemos cuántos han muerto por efecto de las capturas.

Todos estos métodos parten de la ecuación de captura:

$$C_i = \frac{F_i}{F_i + M_i} N_i (1 - e^{-(F_i + M_i)})$$

donde

C_i = captura en número de individuos en el intervalo de tiempo i

F_i = tasa instantánea de mortalidad por pesca en el intervalo de tiempo i

M_i = tasa instantánea de mortalidad natural en el intervalo de tiempo i

N_i = número de supervivientes al inicio del intervalo de tiempo i

POPE (1972) introduce una técnica derivada del APV, en la que el principal aspecto es el de resolver la ecuación de captura por un nuevo método.

Posteriormente JONES (1982), aplica este análisis a distribuciones de tallas en lugar de edades, técnica conocida como LCA ("Length Cohort Analysis"). En esta técnica la cohorte real es reemplazada por una "pseudocohorte": se asume que la distribución de clases de talla (o edad) capturadas durante un año refleja la de una cohorte durante su tiempo de vida, siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones de equilibrio del stock. En base al método descrito por JONES se han realizado los análisis del presente trabajo, por medio del programa de análisis de pesquería VIT (LLEONART y SALAT, 1992).

Los modelos de producción por recluta (Y/R) permiten obtener el rendimiento en biomasa producto de la explotación de una cohorte. También permiten simular cambios en el régimen de explotación de una pesquería y, por consiguiente, predecir sus efectos. El principal interés que tienen estos modelos es que permiten jugar con dos parámetros que son directamente controlables por el hombre: la talla de primera captura (a través de modificaciones de la malla) y la mortalidad por pesca (que es proporcional al esfuerzo), siendo posible encontrar la combinación óptima para la explotación de la pesca.

La ecuación básica de estos modelos, que expresa la tasa instantánea de producción de una cohorte, es la siguiente:

$$\frac{dY_t}{dt} = F_t N_t w_t$$

donde

Y_t = producción en términos de biomasa entre el reclutamiento y el tiempo t

F_t = tasa instantánea de mortalidad por pesca.

N_t = número de individuos

w_t = biomasa media de los individuos en el intervalo considerado

A partir de esta fórmula se han desarrollado diversos modelos que provienen de sustituir N_t y w_t por funciones o datos diferentes. De ellos el más extendido es el de BEVERTON y HOLT (1957), que describe el estado del stock y la producción en una situación en la que el patrón de pesca ha sido el mismo por un periodo de tiempo tal, que todos los peces han sido expuestos a él desde que fueron reclutados. Por ello es necesario asumir una serie de condiciones estacionarias, de las que las principales son: el reclutamiento permanece constante, las tasas instantáneas de mortalidad por pesca y mortalidad natural son constantes durante toda la fase explotada y la relación de crecimiento es la misma en todos los intervalos.

Para la estimación del rendimiento por recluta en este trabajo, también ha sido utilizado el programa informático VIT (LLEONART y SALAT, 1992), que utiliza el método antes citado trabajando con los mismos parámetros que para el APV, y usando los resultados que se obtienen de éste.

La definición y utilización de estos modelos, así como su formulación matemática, han sido ampliamente tratados, además de en los ya mencionados, en muchos trabajos de carácter general de los que se pueden citar entre otros los de CSIRKE (1980), PEREIRO (1982), LLEONART (1986) y SPARRE et al. (1989).

8.2. Material y métodos.

Se han utilizado los datos de frecuencias de tallas correspondientes al año 1991, considerando estos datos como una pseudocohorte. Para los análisis se han considerado por separado las distribuciones obtenidas para el arte de arrastre y por otro lado las del conjunto de artes de carácter artesanal. Estas últimas, como vimos en el capítulo 4, o bien muestran escasas diferencias en las fracciones de tallas que explotan o bien la proporción de la captura total que representan es lo suficientemente pequeña como para no afectar al

conjunto de los resultados, por lo que no se han considerado por separado. Además, un motivo lo suficientemente importante para realizar el análisis de esta manera es ver como interactúan los artes correspondientes a los dos grupos de flotas que explotan el recurso: la de arrastre y la artesanal. El analizar la interacción de cada uno de los artes de tipo artesanal por separado no tiene demasiado sentido en el fin último de asesoramiento, ya que el costo económico y humano que supone el obtener los datos de base necesarios no están en consonancia ni con la importancia de las capturas de besugo, ni con la trascendencia económica del mismo.

Los parámetros biológicos tienen una importancia fundamental a la hora de efectuar los análisis de poblaciones, ya que tanto los parámetros de crecimiento como las tasas de mortalidad utilizadas definirán la tendencia general de los resultados.

En nuestro caso se han utilizado los parámetros de crecimiento de la VBGF ($L_{\infty} = 29.62$ cm, $K = 0.27$ /año, $t_0 = -1.36$) y los de la relación talla-peso ($a = 0.01291$, $b = 3.021$) obtenidos en el presente estudio y que fueron considerados en el capítulo 6. como los que mejor definían el crecimiento de la especie en la zona.

La elección de una tasa instantánea de mortalidad por pesca (F) de ensayo para el intervalo terminal, para poder iniciar los cálculos, es una de las limitaciones de la técnica de análisis expuesta. Sin embargo, esta limitación no parece provocar distorsiones muy graves en los resultados, ya que el APV tiene la propiedad de la convergencia, de manera que el error causado por la introducción de un valor incorrecto de F se reduce paulatinamente a medida que nos acercamos a las clases más jóvenes. Como valor de la tasa instantánea de mortalidad por pesca terminal (F_t), se ha considerado para los diferentes análisis un valor igual a 0.5. Este valor fue escogido después de comprobar que los vectores de mortalidad por pesca no diferían demasiado, al menos a partir de las clases de edad más explotadas, para un rango de F_t compatible con la representación en las capturas de los ejemplares de las tallas más grandes.

Como vimos en el capítulo 7, la estimación real del valor de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) presenta muchos problemas, por lo que se han realizado los análisis para distintos valores de M escogidos de entre los estimados en el presente estudio. Se han utilizado los valores extremos (0.2 y 0.5), para acotar los límites entre los que fluctúan la abundancia real y la mortalidad por pesca que opera sobre los diferentes componentes de edad, y, debido a la amplia gama de valores que puede tomar M , uno intermedio (0.35) con el que poder comparar los resultados.

Las estimaciones de la proporción de individuos sexualmente maduros por clase de talla son necesarias para el cálculo de la abundancia del stock de reproductores. Esta proporción se ha obtenido de la función que define tal relación para el año 1991, como figura en el capítulo 5.

Para realizar el APV se ha utilizado el paquete informático VIT (LLEONART y SALAT, 1992), que permite a partir de los datos de captura, por edades o tallas, realizar análisis de la dinámica de poblaciones marinas explotadas, para uno o varios artes, trabajando con pseudocohortes. Este programa admite la aplicación de las dos ecuaciones fundamentales que se utilizan para relacionar la captura y la mortalidad por pesca con número de individuos: la clásica ecuación de captura (GULLAND, 1965), denominado APV standard en el programa, o la ecuación de cohortes de POPE (1972). No se han encontrado diferencias en los resultados al aplicar una u otra ecuación, presentándose los resultados obtenidos por el método standard a cada una de las combinaciones de parámetros con diferentes tasas de mortalidad natural (M).

A partir del vector de mortalidades por pesca (F) obtenido de los resultados del APV, el programa VIT permite efectuar análisis de Rendimiento por Recluta (Y/R), y de Transición por cambio del esquema de explotación o del esfuerzo pesquero, siguiendo en este último caso la evolución de la población fuera del equilibrio. El hecho de que el programa VIT realice el de APV junto a los análisis de Y/R , permite que la estimación de

la ecuación básica del Y/R se pueda efectuar utilizando el peso medio de los individuos en el intervalo de la clase.

Además se han analizado las variaciones que presenta el Y/R a cambios en los valores estimados de cualquiera de los parámetros utilizados (L_{∞} , K , t_0 , M , F , a y b), mediante análisis de sensibilidad.

8.3. Resultados de los análisis.

8.3.1 Resultados del APV y del rendimiento por recluta.

En la tabla 8.1. se recogen los principales resultados obtenidos de los análisis del APV, para las diferentes tasas de mortalidad natural (M) ensayadas. Se define como reclutamiento el número de individuos al inicio de la primera clase, y como edad (y talla) crítica aquella para la cual la cohorte alcanza su máxima biomasa.

Los vectores de las tasas instantáneas de mortalidad por pesca (F), por intervalo de clases de tallas, se representan en las figuras 8.1, 8.2 y 8.3. La F terminal se escogió después de una serie de pruebas con el objetivo de estabilizar las F para los últimos años, a pesar de existir la propiedad de convergencia del APV anteriormente comentada. En las tablas 8.2, 8.3 y 8.4 se representan por intervalo de clases de talla y para cada uno de los artes los valores que pueden tomar los vectores de F y Z , así como las abundancias en número iniciales y medias, para las diferentes M consideradas.

A la vista de la tabla 8.1 el primer resultado que llama la atención es la alta sensibilidad que se observa a los diferentes valores de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) ensayados y que afectan en mayor o menor grado a todos los resultados. Así por ejemplo, para mantener las capturas observadas los niveles de reclutamiento tienen que ser del doble para $M = 0.35$ o tres veces y media más altos para $M = 0.5$, que los obtenidos con $M = 0.2$. En el mismo sentido el número y la biomasa del stock necesarios para el nivel

	M = 0.2	M = 0.35	M = 0.5
Reclutamiento (n*1000)	7657	14102	27656
Núm. medio anual (*1000)	20211	29965	48084
Reclutamiento en peso (toneladas)	75.409	138.881	272.364
Biomasa media anual (toneladas)	1368	1853	2700
% Mortalidad pesca (en biomasa)	64.8	43.7	27.2
Edad media de la población (años)	1.77	1.61	1.46
Edad crítica stock explotado (años)	2.87	2.5	1.85
Edad crítica stock virgen (años)	4.68	3.11	2.23
Talla media de la población (cm)	16.01	15.47	14.94
Talla crítica stock explotado (cm)	20.0	19.0	17.0
Talla crítica stock virgen (cm)	23.68	20.59	18.21
F global de la población	0.18	0.12	0.08

Tabla 8.1. Resultados del análisis de población virtual (APV) por tallas en 1991, para diferentes valores de la tasa instantánea de mortalidad natural (M).

de capturas actual ha de ser más del doble en el caso del valor de M más alto, ya que para M = 0.2 el 65 % de las muertes son debidas a la pesca, mientras que tan sólo son del 27 % para M = 0.5, correspondiéndose estos valores con las tasas de mortalidad por pesca media observadas que son casi un 30 % menor para M = 0.5 (figuras 8.1, 8.2 y 8.3).

Los vectores de mortalidad por pesca que actúan en cada intervalo de talla (tablas 8.2 a 8.4) indican que el mayor esfuerzo se ejerce sobre los individuos de tallas superiores a los 20 cm de longitud total. Además, como era de esperar, las F para el conjunto de artesanales son por lo general poco importantes respecto a las del arrastre, excepto para el rango de tallas mas grande donde toma valores superiores, representando desde un 27% de la F media total (ambos artes) para M = 0.2 hasta un 23% para las otras M consideradas. El arte de arrastre ejerce el mayor esfuerzo en el rango de tallas de 20 a 23 cm, mientras que los artesanales lo hacen entre los 23 y 26 cm.

F POR ARTES. $M = 0.2$
Pagellus acarne

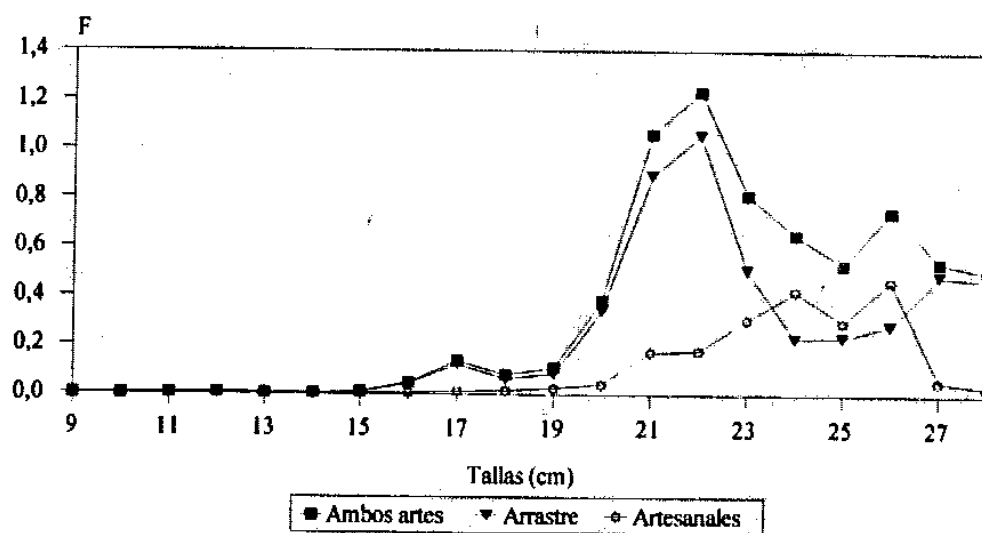


Figura 7.1. Tasa de mortalidad por pesca (F) por clase de talla para los dos artes considerados, siendo la tasa de mortalidad natural $M = 0.2$.

F POR ARTES. $M = 0.35$
Pagellus acarne

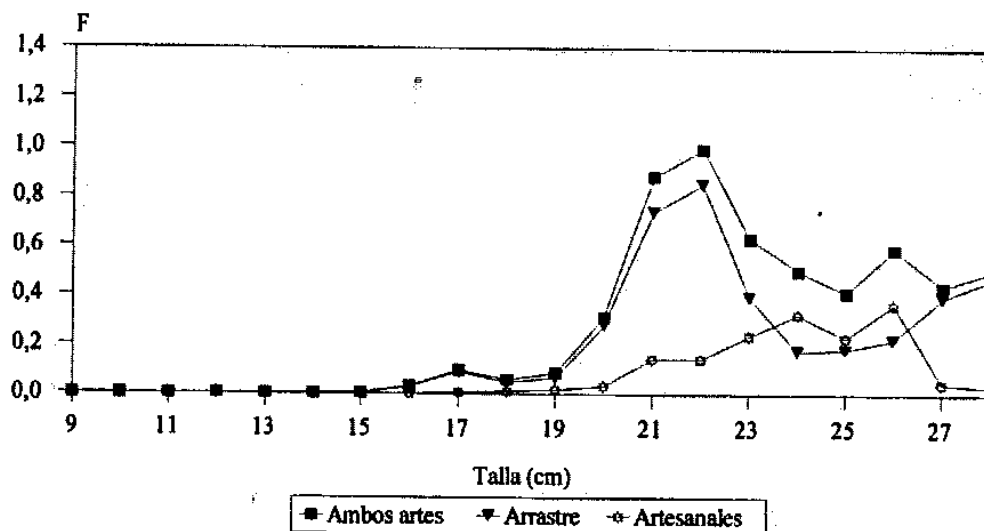


Figura 7.2. Tasa de mortalidad por pesca (F) por clase de talla para los dos artes considerados, siendo la tasa de mortalidad natural $M = 0.35$.

F POR ARTES. $M = 0.5$

Pagellus acarne

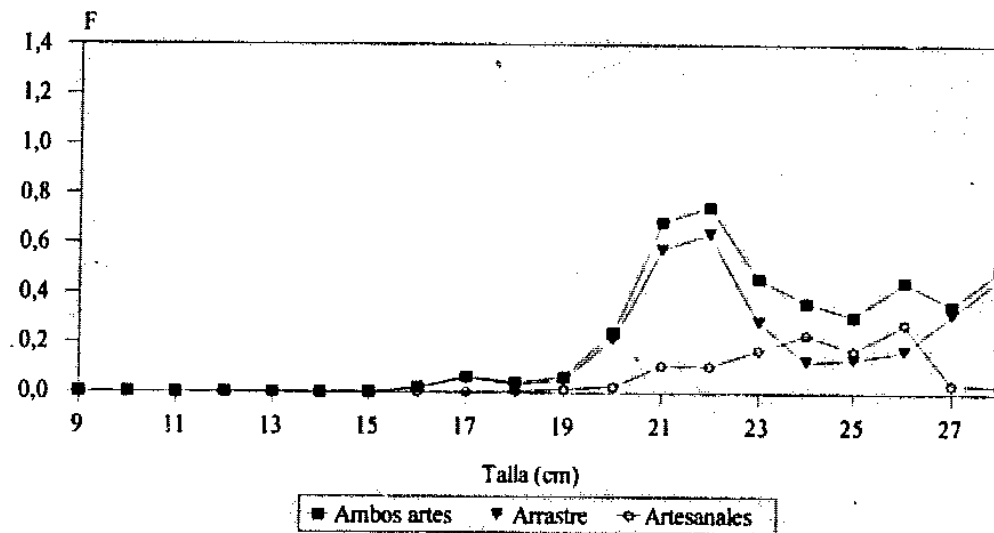


Figura 7.3. Tasa de mortalidad por pesca (F) por clase de talla para los dos artes considerados, siendo la tasa de mortalidad natural $M = 0.5$.

M = 0.2						
TALLAS	No. INICIAL	No. MEDIO	Z	F (TOTAL)	F,ARRASTRE	F,ARTESANALES
9	7657.25	1404.56	0.201	0.001	0	0.001
10	7374.9	1422.2	0.201	0.001	0	0.001
11	7089.32	1440.57	0.204	0.004	0	0.004
12	6795.37	1459.36	0.207	0.007	0	0.007
13	6493.95	1479.45	0.205	0.005	0	0.005
14	6191.17	1501.43	0.205	0.005	0.001	0.004
15	5883.49	1524.12	0.21	0.01	0.007	0.004
16	5562.85	1539.78	0.247	0.047	0.042	0.005
17	5183.02	1527.73	0.336	0.136	0.124	0.012
18	4670.02	1507.84	0.279	0.079	0.063	0.015
19	4249.9	1492.53	0.31	0.11	0.085	0.025
20	3787.21	1389.38	0.582	0.382	0.341	0.041
21	2978.69	1045.24	1.263	1.063	0.891	0.172
22	1658.44	614.79	1.434	1.234	1.056	0.179
23	776.59	355.86	1.012	0.812	0.506	0.306
24	416.43	227.83	0.852	0.652	0.229	0.423
25	222.24	148.5	0.731	0.531	0.235	0.297
26	113.62	82.06	0.946	0.746	0.283	0.464
27	35.95	35.8	0.742	0.542	0.486	0.055
28	9.41	12.37	0.7	0.5	0.469	0.031

Tabla 8.2. Abundancias en número inicial y media (miles) y vectores de mortalidad por pesca (F) total y por artes, considerando una tasa de mortalidad natural M igual a 0.2.

Dinámica de la población del besugo...

M = 0.35						
TALLAS	No. INICIAL	No. MEDIO	Z	F (TOTAL)	F ARRASTRE	F ARTESANALES
9	14102.29	2551.18	0.351	0.001	0	0.001
10	13207.94	2510.19	0.35	0	0	0
11	12328.24	2467.25	0.352	0.002	0	0.002
12	11458.87	2421.76	0.354	0.004	0	0.004
13	10601.7	2374.32	0.353	0.003	0	0.003
14	9763.79	2325.07	0.353	0.003	0.001	0.002
15	8942.63	2272.36	0.357	0.007	0.005	0.002
16	8131.49	2208	0.383	0.033	0.029	0.003
17	7286.81	2111.42	0.448	0.098	0.09	0.008
18	6340.36	2003.29	0.409	0.059	0.048	0.011
19	5520.65	1894.73	0.437	0.087	0.067	0.02
20	4693.32	1694.39	0.663	0.313	0.28	0.034
21	3569.64	1261.01	1.231	0.881	0.739	0.143
22	2017.08	763.65	1.344	0.994	0.85	0.144
23	990.91	457.99	0.981	0.631	0.393	0.238
24	541.63	296.42	0.851	0.501	0.176	0.325
25	289.26	190.76	0.764	0.414	0.183	0.231
26	143.57	104.11	0.938	0.588	0.223	0.365
27	45.87	44.19	0.789	0.439	0.394	0.045
28	11.02	12.37	0.85	0.5	0.469	0.031

Tabla 8.3. Abundancias en número inicial y media (miles) y vectores de mortalidad por pesca (F) total y por artes, considerando una tasa de mortalidad natural M igual a 0.35.

M = 0.5						
TALLAS	No. INICIAL	No. MEDIO	Z	F (TOTAL)	F ARRASTRE	F ARTESANALES
9	27656.35	4934.58	0.5	0	0	0
10	25187.61	4717.92	0.5	0	0	0
11	22827.52	4499.43	0.501	0.001	0	0.001
12	20571.97	4278.62	0.502	0.002	0	0.002
13	18423.11	4056.15	0.502	0.002	0	0.002
14	16388.14	3832.26	0.502	0.002	0.001	0.001
15	14464.63	3605.41	0.504	0.004	0.003	0.001
16	12646.11	3367.69	0.521	0.021	0.019	0.002
17	10890.38	3099.5	0.567	0.067	0.061	0.006
18	9133.19	2823.3	0.542	0.042	0.034	0.008
19	7602.98	2550.04	0.564	0.064	0.05	0.015
20	6163.78	2191	0.742	0.242	0.216	0.026
21	4537.64	1618.01	1.187	0.687	0.576	0.111
22	2617.42	1013.21	1.249	0.749	0.64	0.109
23	1351.93	628.54	0.96	0.46	0.286	0.173
24	748.68	408	0.864	0.364	0.128	0.236
25	396.06	256.61	0.808	0.308	0.136	0.172
26	188.83	136.15	0.95	0.45	0.171	0.279
27	59.5	54.81	0.854	0.354	0.318	0.036
28	12.71	12.37	1	0.5	0.469	0.031

Tabla 8.4. Abundancias en número inicial y media (miles) y vectores de mortalidad por pesca (F) total y por artes, considerando una tasa de mortalidad natural M igual a 0.5.

Según ALDEBERT et al. (1993) el rendimiento por recluta (Y/R) en el equilibrio puede entenderse como una superficie en el espacio con tantas dimensiones como el número de artes que explotan el recurso, representando cada eje de este espacio el esfuerzo del arte correspondiente. Como hay tres conjuntos de valores y dos grupos de artes, el resultado de las combinaciones es de tres superficies (tres valores de M) de dos dimensiones cada una.

Para determinar el nivel de explotación del stock de besugo, se han variado proporcionalmente los valores de las F de cada clase de talla en intervalos de 0.1 desde 0 hasta 3 (multiplicador de F), siendo el valor del nivel de esfuerzo actual igual a 1.

Las primeras proyecciones se han realizado considerando que los dos grupos de artes varían en el mismo sentido. Es decir, en el punto 0 todos los esfuerzos son cero, en el 0.5 todos los esfuerzos se encuentran a un 50% de su valor actual y en el 2, son del 200%. Los resultados para cada uno de los artes como para el conjunto de ambos se presentan en la figura 8.4 para diferentes niveles de M , y en la tabla 8.5 en la que se representan los aumentos o disminuciones esperados de las capturas (en forma de porcentajes) respecto al esfuerzo actual.

Como se observa en la figura 8.4, la evolución del rendimiento por recluta frente a diferentes niveles de esfuerzo depende en gran manera del valor de la mortalidad natural ensayado. Para un valor de M igual a 0.2 el mayor Y/R se obtiene al nivel de esfuerzo actual, es decir el máximo rendimiento sostenible (MRS) - sostenible porque rendimientos más altos pueden tan sólo conseguirse de manera temporal por aumentos repentinos del esfuerzo, por ello los efectos de los análisis se interpretan como a largo plazo - se sitúa al nivel de esfuerzo 1. Los MRS de cada uno de los conjuntos de artes analizados no se sitúan sobre los mismos puntos, siendo la visión por separado de cada uno de ellos muy diferente: aparente sobreexplotación, al nivel de esfuerzo actual, en el caso de artesanales, y presumible subexplotación teniendo en cuenta exclusivamente a la flota de arrastre. Sin embargo el balance de pérdidas o ganancias en las capturas que

puedan experimentar cada uno de los artes, hace que la mayor producción se alcance con el esfuerzo actual (tabla 8.5).

Para M igual a 0.5 la población aparece subexplotada, no encontrándose siquiera un valor de MRS para el conjunto de artes hasta el límite del multiplicador del esfuerzo analizado (*3), ya que las pérdidas que se producen en las capturas a partir del nivel 1.3 (MRS para artesanales) son suficientemente compensadas por las ganancias del arrastre.

Para M igual a 0.35 la situación es intermedia entre los dos casos anteriores, aunque sus efectos son más parecidos a los del caso anterior pero en menor gradación. Es decir, no se observa tampoco un MRS para ambos artes, pero el balance de ganancias es comparativamente mucho más pequeño para los mismos incrementos de los niveles de esfuerzo, no quedando suficientemente clara la aparente subexplotación de la población.

FACTOR	M = 0.2			M = 0.35			M = 0.5		
	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL
0.5	-12.28	18.14	-5.28	-23.23	-2.55	-18.46	-31.60	-18.29	-28.55
0.6	-8.74	16.82	-2.85	-17.29	0.61	-13.19	-24.25	-12.59	-21.58
0.7	-5.60	13.39	-1.22	-11.58	2.18	-8.43	-16.76	-7.36	-14.64
0.8	-3.18	8.91	-0.40	-6.84	2.18	-4.78	-10.20	-3.80	-8.76
0.9	-1.54	4.82	-0.08	-3.42	1.46	-2.31	-5.21	-1.66	-4.40
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1	1.23	-4.55	-0.11	2.95	-1.82	1.83	4.64	0.95	3.81
1.2	2.08	-8.25	-0.31	5.10	-3.52	3.10	8.27	1.43	6.68
1.3	2.85	-12.14	-0.60	7.28	-5.58	4.31	12.05	1.66	9.63
1.4	3.46	-15.63	-0.95	9.17	-7.65	5.28	15.48	1.43	12.22
1.5	3.84	-18.27	-1.26	10.59	-9.34	5.97	18.12	1.19	14.19
2.0	4.57	-28.89	-3.15	15.98	-17.35	8.28	29.60	-1.90	22.31
2.5	3.98	-34.30	-4.86	18.57	-22.21	9.14	36.73	-4.99	27.12
3	2.87	-37.34	-6.40	19.80	-25.12	9.43	41.58	-7.13	30.30

Tabla 8.5. Variaciones en los porcentajes de captura para distintos multiplicadores del esfuerzo (FACTOR) en el mismo sentido para ambas flotas. ARR = arrastre; ART = artesanales.

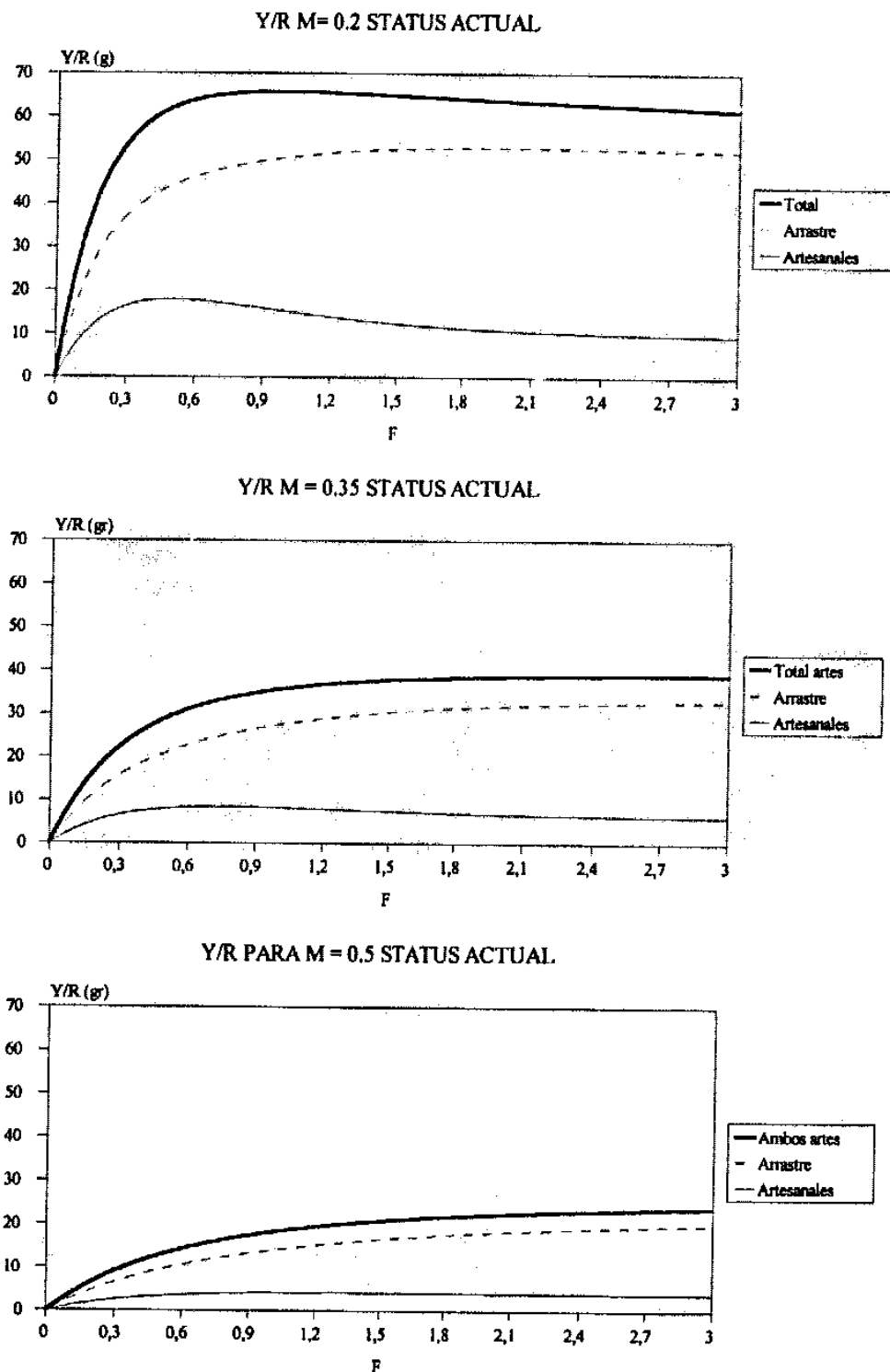


Figura 8.4. Curvas de rendimiento por recluta para distintos valores de la tasa de mortalidad natural y diferentes multiplicadores del esfuerzo actual. Datos para distribuciones de tallas.

Para conocer la influencia que un arte puede tener sobre el otro, se han realizado también proyecciones variando el esfuerzo de uno de los artes manteniendo el otro al nivel de esfuerzo actual y variaciones inversas, es decir aumentando el esfuerzo en uno de los artes y disminuyéndolo en el otro. Los resultados de la evolución de la Y/R se presentan en las figuras 8.5, 8.6 y 8.7 y las mismas simulaciones en términos de porcentajes de captura en las tablas 8.6, 8.7 y 8.8.

FACTOR	M = 0.2			M = 0.35			M = 0.5		
	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL
0.5	-25.24	79.62	-1.13	-31.25	58.71	-10.56	-36.42	41.05	-18.66
0.6	-18.70	60.23	-0.55	-23.83	45.19	-7.96	-28.44	31.98	-14.53
0.7	-12.39	40.83	-0.15	-16.33	31.30	-5.38	-19.96	22.67	-10.17
0.8	-7.25	24.42	0.03	-9.82	19.12	-3.21	-12.33	14.08	-6.27
0.9	-3.58	12.24	0.06	-4.98	9.74	-1.60	-6.34	7.40	-3.23
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1	2.94	-10.46	-0.14	4.33	-8.53	1.38	5.77	-6.44	2.92
1.2	5.06	-18.27	-0.31	7.64	-14.98	2.39	10.26	-11.69	5.20
1.3	7.11	-26.21	-0.54	10.99	-21.80	3.43	15.04	-17.18	7.64
1.4	8.83	-33.02	-0.79	13.97	-27.89	4.32	19.46	-22.20	9.87
1.5	10.06	-38.19	-1.03	16.22	-32.52	4.98	22.95	-26.25	11.61
2.0	14.19	-58.24	-2.47	25.32	-52.01	7.52	38.35	-43.91	19.38
2.5	15.59	-68.96	-3.85	30.30	-63.34	8.76	48.40	-55.37	24.47
3	15.87	-75.45	-5.12	33.28	-70.52	9.38	55.65	-63.48	28.06

Tabla 8.6. Variaciones en los porcentajes de captura para distintos multiplicadores del esfuerzo (FACTOR) ejercido por la flota de arrastre. ARR = arrastre; ART = artesanales.

FACTOR	M = 0.2			M = 0.35			M = 0.5		
	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL
0.5	10.50	-37.93	-0.74	7.99	-40.70	-3.32	5.79	-43.13	-5.58
0.6	8.30	-29.79	-0.54	6.38	-32.37	-2.61	4.65	-34.60	-4.45
0.7	5.92	-21.13	-0.35	4.60	-23.19	-1.85	3.36	-24.88	-3.21
0.8	3.72	-13.12	-0.20	2.92	-14.61	-1.15	2.15	-15.88	-2.03
0.9	1.94	-6.82	-0.09	1.53	-7.61	-0.60	1.14	-8.29	-1.07
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1	-1.82	6.36	0.07	-1.46	7.13	0.55	-1.07	8.06	1.01
1.2	-3.29	11.42	0.11	-2.63	13.04	0.98	-2.00	14.69	1.84
1.3	-4.91	16.93	0.14	-3.98	19.44	1.46	-3.00	22.04	2.76
1.4	-6.46	22.11	0.16	-5.25	25.48	1.89	-4.01	29.15	3.64
1.5	-7.73	26.31	0.16	-6.28	30.56	2.24	-4.86	34.83	4.36
2.0	-14.01	46.52	0.03	-11.60	55.07	3.85	-9.08	64.45	7.93
2.5	-19.08	62.07	-0.25	-16.02	74.40	4.96	-12.73	88.86	10.75
3	-23.44	75.07	-0.60	-19.88	90.82	5.79	-16.02	109.72	13.09

Tabla 8.7. Variaciones en los porcentajes de captura para distintos multiplicadores del esfuerzo (FACTOR) ejercido por la flota artesanal. ARR = arrastre; ART = artesanales.

FACTOR	M = 0.2			M = 0.35			M = 0.5		
	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL
0.5	-33.69	80.07	8.83	-37.11	67.64	2.03	-40.31	56.03	-4.35
0.6	-25.87	62.00	6.97	-28.97	52.96	1.63	-31.91	44.32	-3.45
0.7	-17.83	43.13	4.95	-20.32	37.23	1.18	-22.79	31.54	-2.48
0.8	-10.78	26.35	3.09	-12.50	23.03	0.75	-14.25	19.71	-1.56
0.9	-5.47	13.47	1.61	-6.43	11.88	0.39	-7.41	10.27	-0.82
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1	4.78	-12.02	-1.49	5.82	-10.73	-0.38	6.84	-9.44	0.77
1.2	8.39	-21.25	-2.67	10.36	-19.20	-0.68	12.39	-17.08	1.40
1.3	12.11	-30.92	-3.96	15.19	-28.21	-1.02	18.38	-25.33	2.08
1.4	15.36	-37.52	-5.15	19.56	-36.38	-1.35	24.00	-32.97	2.74
1.5	17.79	-46.13	-6.10	22.97	-42.78	-1.61	28.49	-39.07	3.27
2.0	27.29	-73.88	-10.51	37.62	-70.81	-2.90	49.36	-67.14	5.84
2.5	31.97	-89.97	-13.59	46.53	-88.36	-3.89	63.89	-86.38	7.78
3	34.26	-100.0	-15.90	52.20	-100.0	-4.67	74.50	-100.0	9.32

Tabla 8.8. Variaciones en los porcentajes de captura para distintos multiplicadores del esfuerzo (FACTOR) en sentido inverso para ambas flotas. ARR = arrastre; ART = artesanales.

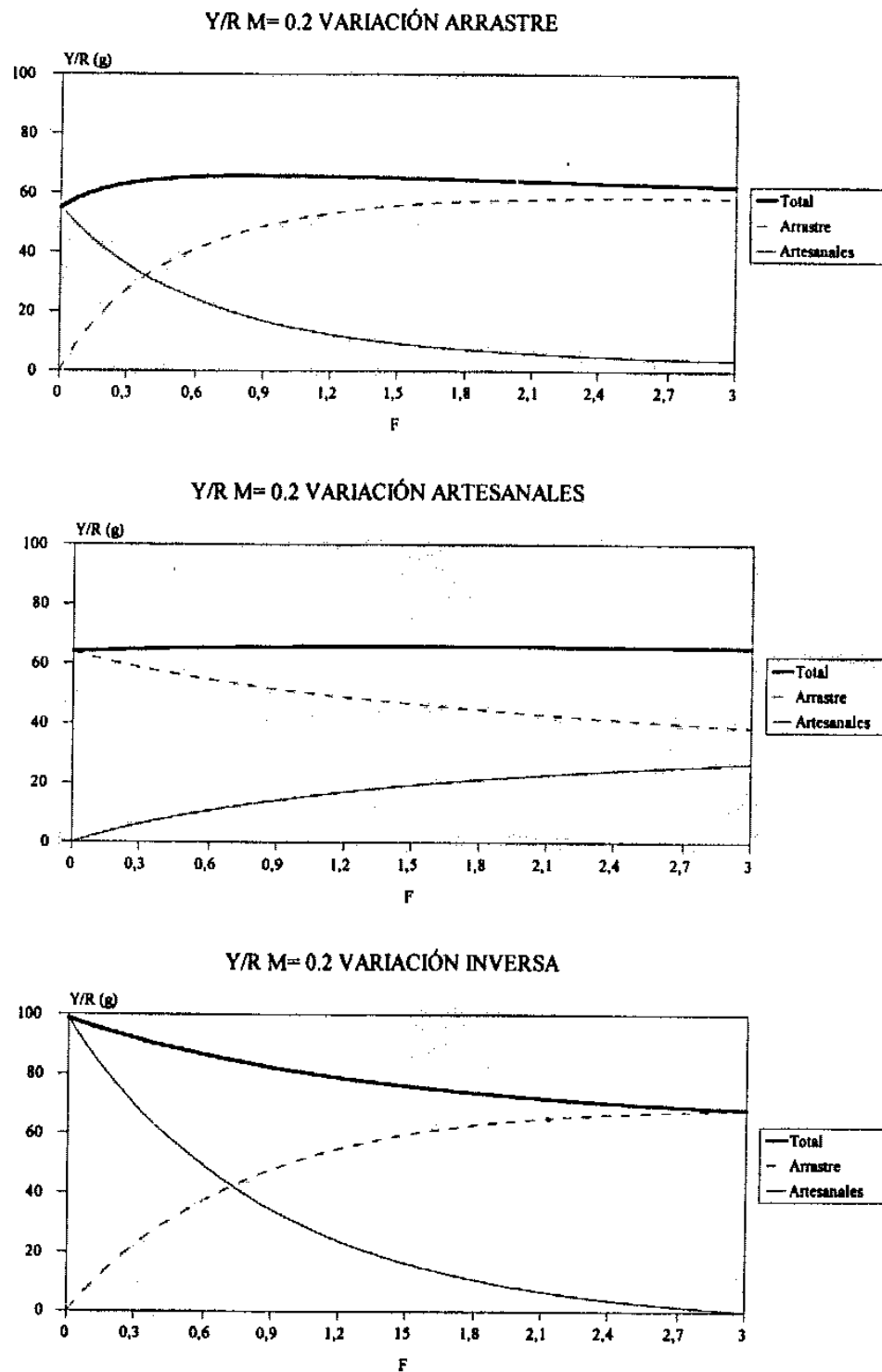


Figura 8.5. Curvas de rendimiento por recluta variando el esfuerzo actual ($F=1$) sobre uno de las flotas y manteniendo en el nivel actual la otro, así como variando inversa y proporcionalmente uno sobre otro. Tasa de mortalidad natural considerada $M = 0.2$. Datos para distribuciones de tallas.

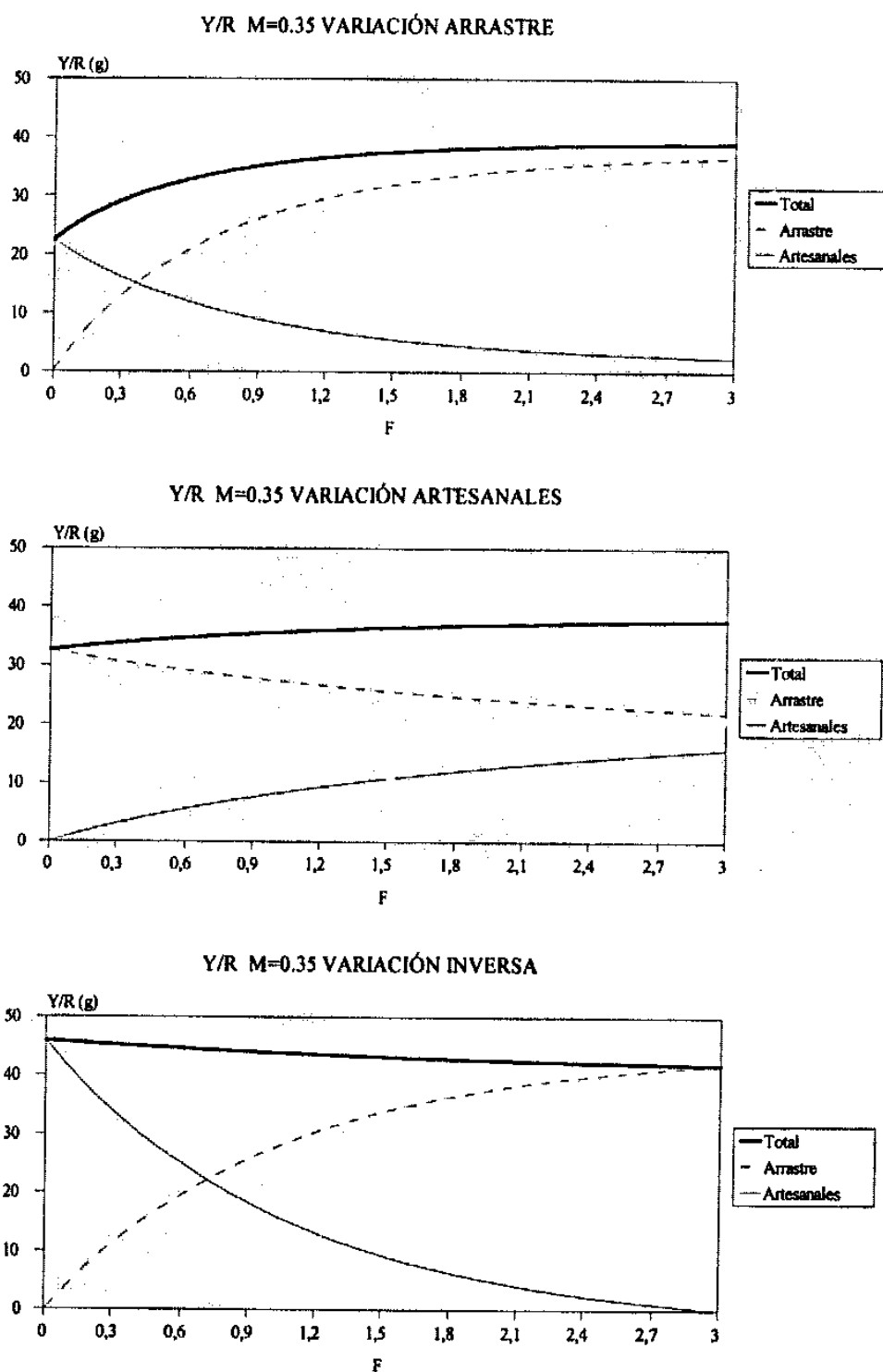


Figura 8.6. Curvas de rendimiento por recluta variando el esfuerzo actual ($F=1$) sobre uno de las flotas y manteniendo en el nivel actual la otro, así como variando inversa y proporcionalmente uno sobre otro. Tasa de mortalidad natural considerada $M = 0.35$. Datos para distribuciones de tallas.

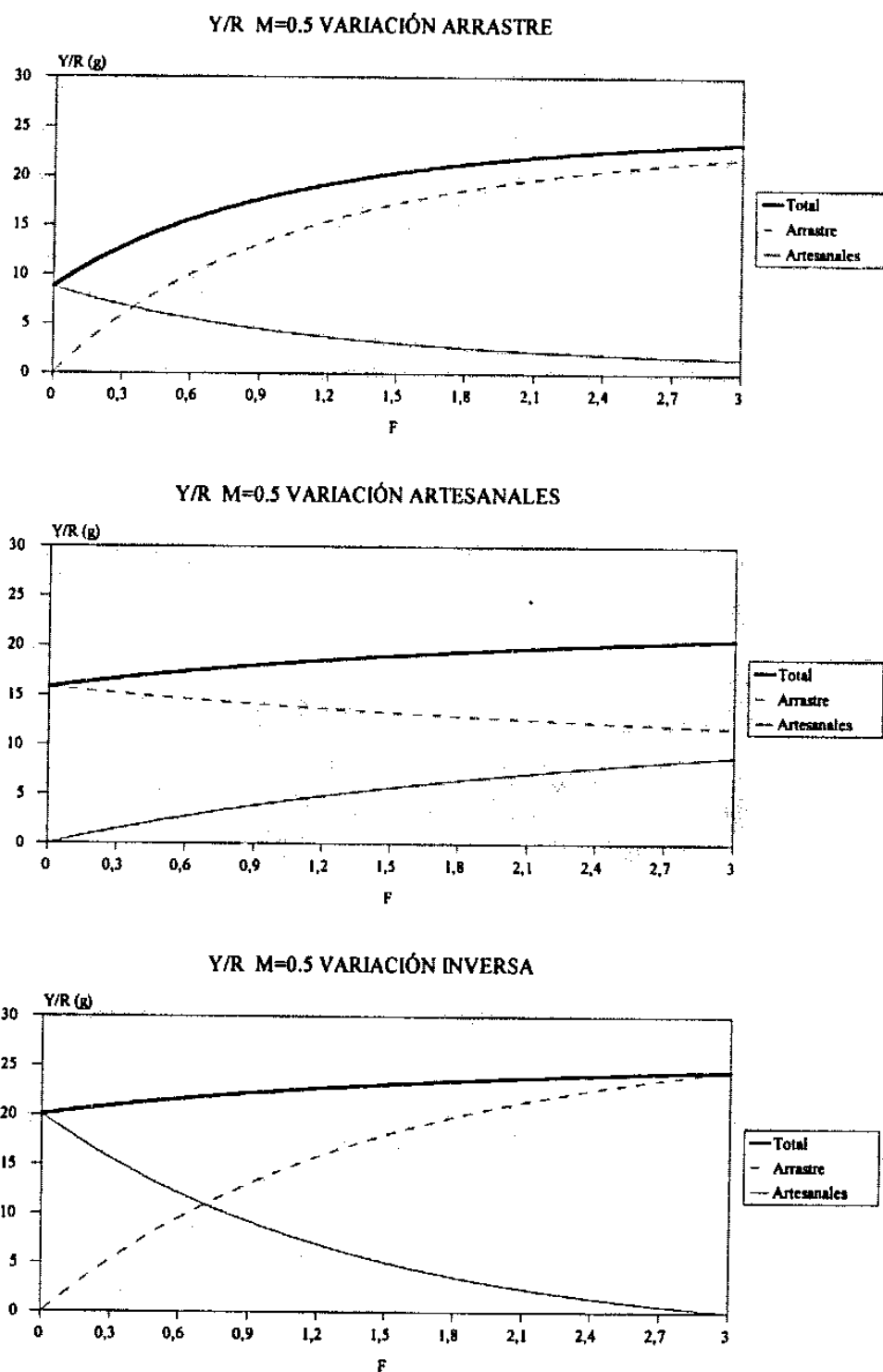


Figura 8.7. Curvas de rendimiento por recluta variando el esfuerzo actual ($F=1$) sobre uno de las flotas y manteniendo en el nivel actual la otro, así como variando inversa y proporcionalmente uno sobre otro. Tasa de mortalidad natural considerada $M = 0.5$. Datos para distribuciones de tallas.

Los aumentos del esfuerzo en el arrastre manteniendo al nivel actual los de los artesanales provocarían fuertes pérdidas en las capturas de estos últimos. La evolución de la Y/R es muy similar para los tres valores de M ensayados, variando sólo el orden de magnitud de la producción. Tan sólo en el caso de que M tuviera realmente el valor más bajo (0.2) se producirían pérdidas al aumentar el esfuerzo del arrastre por encima del valor actual, aunque éstas no serían demasiado importantes. Para los otros dos valores de M se obtienen incrementos de las capturas globales.

En el caso de que las variaciones del esfuerzo afectaran solo a los artesanales, las capturas de éstos últimos se verían muy favorecidas con fuertes incrementos, registrándose pérdidas en el arrastre de entre un 16% y un 23%, dependiendo de los valores de M , para el mayor aumento del esfuerzo. Sin embargo la situación global variaría muy poco obteniéndose sólo ligeros aumentos de la Y/R total, más acentuados para M más altas.

A nivel global se observa que las flotas de arrastre y artesanal tienen una influencia inversa la una sobre la otra, aunque la del arrastre es ligeramente mayor como se desprende de las variaciones en las capturas de los artesanales y la total.

8.3.2. Resultados del análisis de sensibilidad.

La elección de unos determinados parámetros biológicos puede tener gran influencia en los resultados de los análisis de población virtual y por consiguiente en los de rendimiento por recluta. Con el objeto de conocer cuál es la incidencia de cada uno de los parámetros de entrada sobre el modelo, se han realizado análisis de sensibilidad para valorar la precisión de estos resultados.

Parámetro	% variación	Nuevo parámetro	Y/R	% variación	B/R	% variación
Valores de referencia	0		35.68	0	131.4	0
$L_{\infty}=29.62$	+10	32.58	48.39	+35.6	112.93	-14.1
$K=0.266$	+25	0.333	47.66	+33.6	121.54	-7.5
	+10	0.293	40.76	+14.2	127.55	-2.9
	-10	0.239	30.23	-15.3	134.85	+2.6
	-25	0.200	21.41	-40.0	138.36	+5.3
$t_0=-1.36$	+25	-1.7	35.68	0	131.4	0
	+10	-1.5	35.68	0	131.4	0
	-10	-1.22	35.68	0	131.4	0
	-25	-1.02	35.68	0	131.4	0
$a=0.01291$	+10	0.01420	39.25	+10	144.54	-10
	-10	0.01162	32.11	-10	118.26	+10
$b=3.021$	+3	3.11	47.21	+32.3	170.88	+30.0
	-3	2.93	26.97	-24.4	101.08	-23.1
$M=0.35$	+25	0.44	24.32	-31.8	110.36	-16.0
	+10	0.39	30.70	-14	122.49	-6.8
	-10	0.32	41.34	+19.9	141.03	+7.3
	-25	0.26	51.26	+43.7	156.98	+19.5
$F_t=0.5$	+25	0.63	35.76	+0.2	131.04	-0.3
	+10	0.55	35.72	+0.1	131.23	-0.1
	-10	0.45	35.64	-0.1	131.60	+0.1
	-25	0.38	35.54	-0.1	132.01	+0.5

Tabla 8.8. Modificaciones observadas en el rendimiento (Y/R) y la biomasa por recluta (B/R) a variaciones de los parámetros de entrada. Datos para distribuciones de tallas.

Para ello se han tomado como valores de referencia los obtenidos con los parámetros utilizados en los análisis precedentes, considerando el valor intermedio de mortalidad natural ($M=0.35$). Se han efectuado variaciones de un 10% y un 25%, por encima y por

debajo del nivel de referencia dado por estos parámetros, comparándose las diferencias en los resultados de los análisis de rendimiento por recluta, tanto en lo que afecta a las capturas (Y/R) como a la población (en términos de biomasa por recluta: B/R). Para L_{∞} solo se ha considerado una variación del 10% por encima del valor de referencia, ya que valores por debajo son incompatibles con los propios análisis, y un 25% superior demasiado incompatible con la K de referencia. De la misma manera para los parámetros de la ecuación talla-peso, sólo se han considerado variaciones del 10% para el parámetro "a" y del 3% para el "b", ya que variaciones mayores producen valores demasiado inapropiados. Los resultados de estos análisis se presentan en la tabla 8.8.

En líneas generales las variaciones que se producen sobre el Y/R son mayores que las de la B/R . Los parámetros que al variar producen más efecto sobre los análisis son L_{∞} , K y M . Los aumentos de L_{∞} y K se traducen en aumentos y disminuciones proporcionales de el Y/R y la B/R respectivamente, así como las variaciones en sentido inverso producen el efecto contrario. Por otro lado las variaciones de M producen cambios de magnitud ligeramente superior, pero de manera contraria a los parámetros anteriores, es decir: variaciones de sentido positivo provocan disminuciones del Y/R y aumentos de la B/R , y las de sentido negativo al contrario.

Como vimos en el capítulo 6, existe una relación muy estrecha entre K y L_{∞} , de manera que, generalmente, para especies con L_{∞} grande la velocidad de crecimiento suele ser baja (figura 6.8). Por otro lado, es conocido que entre los parámetros K y M existe una relación lineal positiva, relación que ha sido confirmada, por ejemplo, en los espáridos de la costa noroccidental africana (BALGUERÍAS, 1993), de manera que especies con L_{∞} grande, y por consiguiente de crecimiento más lento, sufren tasas de mortalidad natural más bajas. Por tanto la variación en un sentido u otro de uno de los anteriores parámetros, debe ser compatible con variaciones de los otros en función de las relaciones comentadas, por lo que se puede especular con la idea de que los posibles aumentos o disminuciones del Y/R y de la B/R provocados por un valor diferente al estimado, se

verían compensados de alguna manera por las variaciones producidas por los otros, al tomar un valor compatible.

De todas maneras la sensibilidad del modelo a estos parámetros es muy patente, sobre todo en lo que se refiere a la tasa instantánea de mortalidad natural, que como vimos en el capítulo correspondiente es el parámetro más complicado de calcular por lo que cualquier valor estimado no deja de ser una mera conjetura.

Otros parámetros que producen fuertes variaciones en los resultados son los correspondientes a la relación talla-peso. Sin embargo en este caso, las posibles variaciones sobre los valores estimados en el presente estudio deberían ser muy pequeñas, ya que el grado de precisión es muy elevado, por lo que su efecto en los resultados debe ser mínimo.

Por último las variaciones de los parámetros t_0 y F_t tienen un efecto nulo, caso del primero, o muy pequeño, caso del segundo, en los resultados de los análisis, mostrándose el modelo muy poco sensible a los cambios que puedan experimentar.

8.3.3. Resultados del análisis de transición.

Los análisis de transición permiten emular varias estrategias de explotación distintas de la actual. Son muy útiles a la hora de planificar la gestión de una pesquería por modificaciones del esfuerzo ejercido sobre el recurso, evaluando el riesgo que supone un determinado cambio de explotación. Estos análisis, por tanto, se realizan fuera de la situación de equilibrio; partiendo de los valores obtenidos de rendimiento por recluta en la situación inicial de equilibrio (año 0 y nivel de esfuerzo igual a 1), tratan de analizar la evolución de los valores de Y/R y B/R en los años sucesivos después de introducir un cambio del esfuerzo en el año 1, hasta conseguir una nueva situación de equilibrio.

Este análisis se realiza con los datos estructurados por edades. La transformación de los datos de tallas a edades se ha realizado por el método standard denominado en inglés "slicing", teniendo en cuenta los intervalos de edades correspondientes a la VBGF, y que realiza el programa VIT (LLEONART Y SALAT, 1992). Al hacer la transformación los resultados pueden variar, ya que las nuevas clases tendrán otra distribución: individuos de una misma clase de talla pueden pertenecer a diferentes clases de edad y viceversa.

	M = 0.2	M = 0.35	M = 0.5
Reclutamiento (n*1000)	7633	14258	29703
Núm. medio anual (*1000)	20082	30405	52173
Reclutamiento en peso (toneladas)	74.938	139.983	291.620
Biomasa media anual (toneladas)	1371	1914	3019
% Mortalidad pesca (en biomasa)	64.4	42.5	24.7
Edad media de la población (años)	1.79	1.65	1.51
Edad crítica stock explotado (años)	3	3	2
Edad crítica stock virgen (años)	4.68	3.11	2.23
Talla media de la población (cm)	16.03	15.53	15.05
Talla crítica stock explotado (cm)	20.3	20.3	17.5
Talla crítica stock virgen (cm)	23.7	20.6	18.21
F global de la población	0.18	0.12	0.07

Tabla 8.9. Resultados del análisis de población virtual (APV) por edades en 1991, para diferentes valores de la tasa instantánea de mortalidad natural (M).

En nuestro caso las diferencias observadas son mínimas tal y como se puede observar comparando los datos contenidos en la tabla 8.9, de resultados del APV por edades, con los de la tabla 8.1, de resultados del APV por tallas. De la misma manera los análisis del rendimiento por recluta ofrecen resultados muy similares, en cada uno de los juegos de parámetros ensayados (diferentes M), para tallas y edades (tabla 8.10 y figura 8.8).

FACTOR	M = 0.2			M = 0.35			M = 0.5		
	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL	ARR	ART	TOTAL
0.5	-13.80	14.25	-7.31	-26.05	-8.33	-21.95	-35.52	-25.91	-33.29
0.6	-9.23	13.78	-3.90	-18.78	-3.73	-15.29	-26.78	-18.13	-24.78
0.7	-5.88	11.38	-1.88	-12.78	-1.00	-10.05	-18.97	-11.92	-17.34
0.8	-3.37	7.92	-0.76	-7.76	0.25	-5.90	-11.94	-6.99	-10.80
0.9	-1.46	4.06	-0.18	-3.56	0.50	-2.62	-5.70	-3.11	-5.10
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1	1.12	-3.93	-0.05	3.07	-0.87	2.16	5.15	2.33	4.50
1.2	1.99	-7.59	-0.23	5.66	-2.11	3.86	9.84	4.40	8.58
1.3	2.63	-10.99	-0.52	7.91	-3.48	5.27	14.05	5.70	12.12
1.4	3.11	-14.11	-0.88	9.86	-4.85	6.45	17.88	6.74	15.30
1.5	3.45	-16.91	-1.26	11.54	-6.34	7.40	21.39	7.25	18.12
2.0	3.77	-26.96	-3.35	17.20	-13.06	10.20	35.05	8.03	28.79
2.5	2.89	-32.56	-5.32	20.01	-17.79	11.26	44.18	6.74	35.51
3	1.56	-35.82	-7.09	21.40	-20.77	11.64	50.43	5.18	39.95

Tabla 8.10. Variaciones en los porcentajes de captura por edades para distintos multiplicadores del esfuerzo (FACTOR) en el mismo sentido para ambas flotas. ARR = arrastre; ART = artesanales.

Los análisis de transición se han realizado de diferentes maneras. En primer lugar se han considerado cambios globales del esfuerzo (del mismo sentido para ambos artes) disminuyéndolo un 20% y aumentándolo en un 20% y un 50%, para cada uno de los valores de M utilizados. Se han analizado las simulaciones para un periodo de 10 años, que se ha visto como suficiente para asumir una nueva situación de equilibrio. Los resultados se presentan en las tablas 8.11, 8.12 y 8.13 y en las figuras 8.9, 8.10 y 8.11.

Como se observa, las respuestas de la población a estos cambios son muy similares, afectando solo al orden de magnitud de los valores de los diferentes Y/R. Así una disminución del esfuerzo de un 20% (factor = 0.8) provoca, para todos los valores de M, una disminución más acusada de la Y/R durante el primer año, para estabilizarse en un nuevo equilibrio a partir del séptimo año para M=0.5 (Tabla 8.13) o del décimo año para M=0.2 (Tabla 8.11). En todos los casos los rendimientos por recluta son menores en el

nuevo equilibrio que los de la situación de partida, aunque los valores de B/R aumentan, siendo el incremento más acusado para tasas de mortalidad natural más bajas.

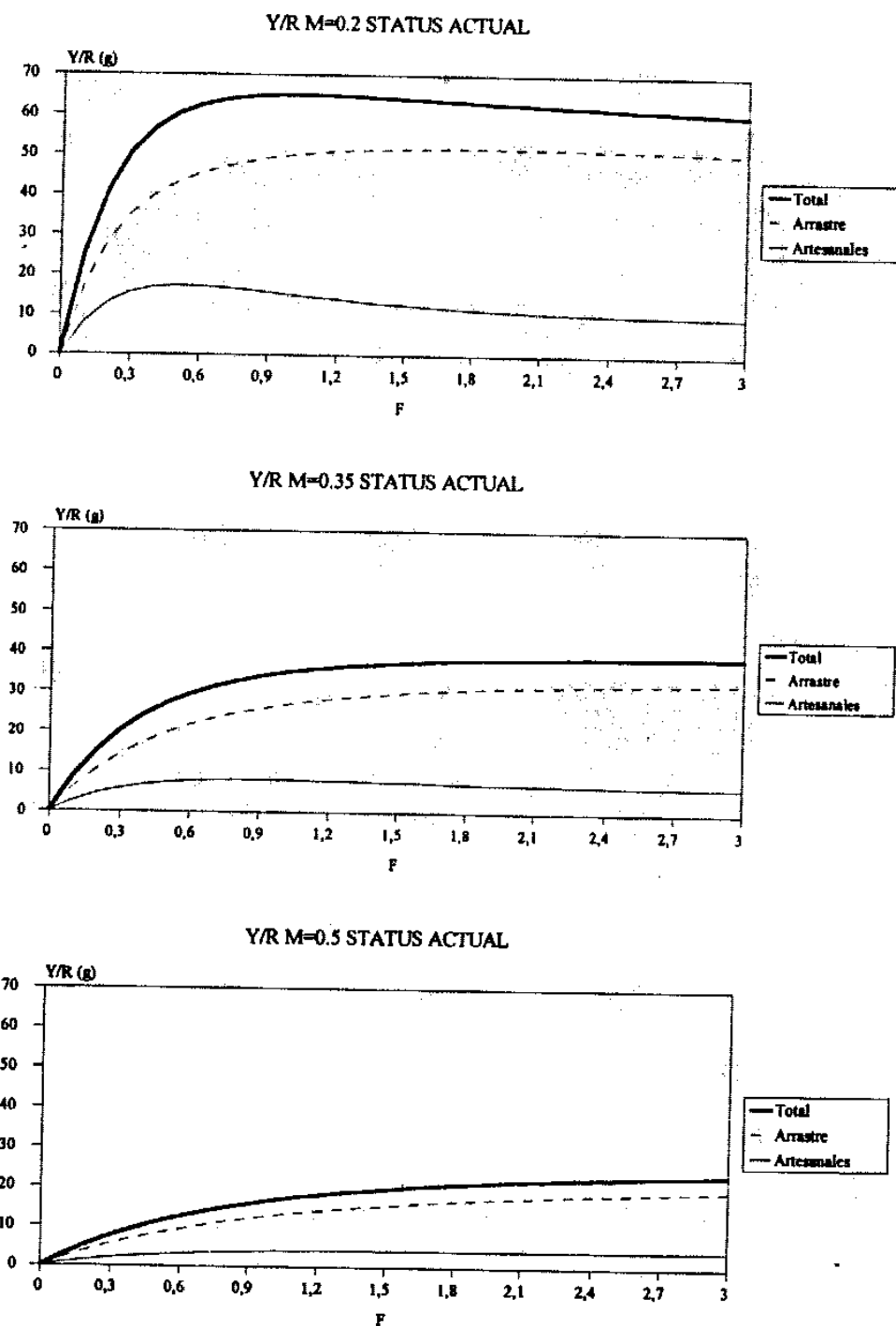


Figura 8.8. Curvas de rendimiento por recluta (Y/R) para diferentes multiplicadores del esfuerzo actual ($F=1$) y para distintos valores de la tasa de mortalidad natural (M). Datos para distribuciones por edades.

M = 0.2		Y/R TOTAL		B/R TOTAL		Y/R ARR		Y/R ART		
		64.9		180		49.8		15		
VALORES INICIALES										
SIMULACIÓN		PRIMER AÑO		EQUILIBRIO FINAL						
ARR	ART	Y/R Total	B/R Total	Y/R Total	B/R Total	AÑOS	Y/R ARR	AÑOS	Y/R ART	AÑOS
0.8	0.8	55.4	186	64.4	107	10	48.2	10	16.2	6
1.2	1.2	73.1	174	64.7	164	9	50.8	9	13.9	5
1.5	1.5	83.5	167	64.1	147	7	51.6	7	12.5	5

Tabla 8.11. Valores de la Producción por Recluta (Y/R) y la Biomasa por Recluta (B/R), en el primer año y en el nuevo equilibrio después de modificar el factor de esfuerzo en el mismo sentido para ambas flotas. Datos para una tasa de mortalidad natural, $M = 0.2$.

En los casos de incrementos del esfuerzo se observa que la Y/R disminuye exclusivamente en el caso de $M=0.2$, aunque esta disminución es muy leve. Los valores de Y/R se mantienen prácticamente al mismo valor en los nuevos equilibrios que en los de partida. Para los otros valores de M , los rendimientos por recluta en los nuevos equilibrios aumentan, siendo mayores para mayores incrementos del esfuerzo. Como contrapartida, en todos los casos la B/R disminuye, siendo también estos decrementos proporcionales a los aumentos de los niveles de esfuerzo.

M = 0.35		Y/R TOTAL		B/R TOTAL		Y/R ARR		Y/R ART		
VALORES INICIALES		34.7		134		26.7		8.0		
SIMULACIÓN		PRIMER AÑO		EQUILIBRIO FINAL						
ARR	ART	Y/R Total	B/R Total	Y/R Total	B/R Total	AÑOS	Y/R ARR	AÑOS	Y/R ART	AÑOS
0.8	0.8	29.2	137	32.7	147	8	24.6	7	8.1	8
1.2	1.2	39.7	131	36.1	125	8	28.2	6	7.9	8
1.5	1.5	46.2	127	37.3	115	7	29.8	6	7.5	7

Tabla 8.12. Valores de la Producción por Recluta (Y/R) y la Biomasa por Recluta (B/R), en el primer año y en el nuevo equilibrio después de modificar el factor de esfuerzo en el mismo sentido para ambas flotas. Datos para una tasa de mortalidad natural, $M = 0.35$.

M = 0.5		Y/R TOTAL		B/R TOTAL		Y/R ARR		Y/R ART		
VALORES INICIALES		16.7		102		12.8		3.9		
SIMULACIÓN		PRIMER AÑO		EQUILIBRIO FINAL						
ARR	ART	Y/R Total	B/R Total	Y/R Total	B/R Total	AÑOS	Y/R ARR	AÑOS	Y/R ART	AÑOS
0.8	0.8	13.8	103	14.9	107	7	11.3	7	3.6	6
1.2	1.2	19.3	100	18.1	96.9	5	14.1	4	4.0	5
1.5	1.5	23.0	98.1	19.7	91.3	7	15.6	5	4.1	7

Tabla 8.13. Valores de la Producción por Recluta (Y/R) y la Biomasa por Recluta (B/R), en el primer año y en el nuevo equilibrio después de modificar el factor de esfuerzo en el mismo sentido para ambas flotas. Datos para una tasa de mortalidad natural, $M = 0.5$.

En segundo lugar se han planteado simulaciones en función de variaciones del esfuerzo sólo para un arte manteniendo el otro en los niveles actuales, para los casos de valores de M extremos, ya que como hemos visto anteriormente los resultados para $M=0.35$ son muy similares a los de $M=0.5$, pero a menor escala. Los resultados se presentan en las figuras 8.12 y 8.13 y en las tablas 8.14 y 8.15.

M = 0.2		Y/R TOTAL		B/R TOTAL		Y/R ARR		Y/R ART		
VALORES INICIALES		64.9		180		49.8		15		
SIMULACIÓN		PRIMER AÑO		EQUILIBRIO FINAL						
ARR	ART	Y/R Total	B/R Total	Y/R Total	B/R Total	AÑOS	Y/R ARR	AÑOS	Y/R ART	AÑOS
0.8	1	57.7	184	64.8	197	9	46.1	9	18.7	6
1.2	1	71.2	175	64.7	167	8	52.4	8	12.3	5
1.5	1	79.6	169	64.2	152	8	54.8	8	9.36	7
1	0.8	62.8	181	64.7	185	8	51.8	8	12.9	4
1	1.2	66.9	178	65	175	7	48.1	7	16.9	4
1	1.5	69.8	176	65	170	6	45.9	6	19.2	5

Tabla 8.14. Valores de la Producción por Recluta (Y/R) y la Biomasa por Recluta (B/R), en el primer año y en el nuevo equilibrio después de modificar el factor de esfuerzo sólo para una de las flotas. Datos para una tasa de mortalidad natural, $M = 0.2$.

M = 0.5 VALORES INICIALES		Y/R TOTAL	B/R TOTAL	Y/R ARR	Y/R ART					
		16.7	102	12.8	3.86					
SIMULACIÓN		PRIMER AÑO		EQUILIBRIO FINAL						
ARR	ART	Y/R Total	B/R Total	Y/R Total	B/R Total	AÑOS	Y/R ARR	AÑOS	Y/R ART	AÑOS
0.8	1	14.5	103	15.4	106	10	11.1	10	4.32	5
1.2	1	18.7	100	17.8	97.9	7	14.3	5	3.46	7
1.5	1	21.6	98.9	17.8	97.9	7	14.3	5	3.46	7
1	0.8	16	102	16.3	103	6	13.1	6	3.2	5
1	1.2	17.3	101	17.1	100	5	12.6	2	4.48	5
1	1.5	18.3	101	17.6	98.8	5	12.3	3	5.33	5

Tabla 8.15. Valores de la Producción por Recluta (Y/R) y la Biomasa por Recluta (B/R), en el primer año y en el nuevo equilibrio después de modificar el factor de esfuerzo sólo para una de las flotas. Datos para una tasa de mortalidad natural, $M = 0.5$.

Para ambas mortalidades naturales ensayadas se observan aumentos de los rendimientos por recluta al aumentar los esfuerzos en cualquiera de los dos artes, siendo como es habitual mucho más acentuados para $M=0.2$. Como era de esperar también las B/R correspondientes disminuyen, siendo los descensos más acusados cuando se aumenta el esfuerzo del arrastre.

En el caso de aplicar disminuciones del esfuerzo, vemos como al hacerlo sobre el arrastre se producen mayores descensos de los Y/R siendo también mayores las ganancias de las B/R.

En función de estos resultados parece como mejor solución la de mantener los esfuerzos de ambos artes a los niveles actuales. Sin embargo, como vimos anteriormente (figuras 8.4 y 8.8), en el caso de que la mortalidad natural fuera baja (0.2) no está excesivamente claro a que nivel de esfuerzo se encuentra el MRS ya que la curva adopta una forma muy plana para los valores más altos, resultando muy arriesgado situar el punto de MRS.

ANÁLISIS DE TRANSICIÓN

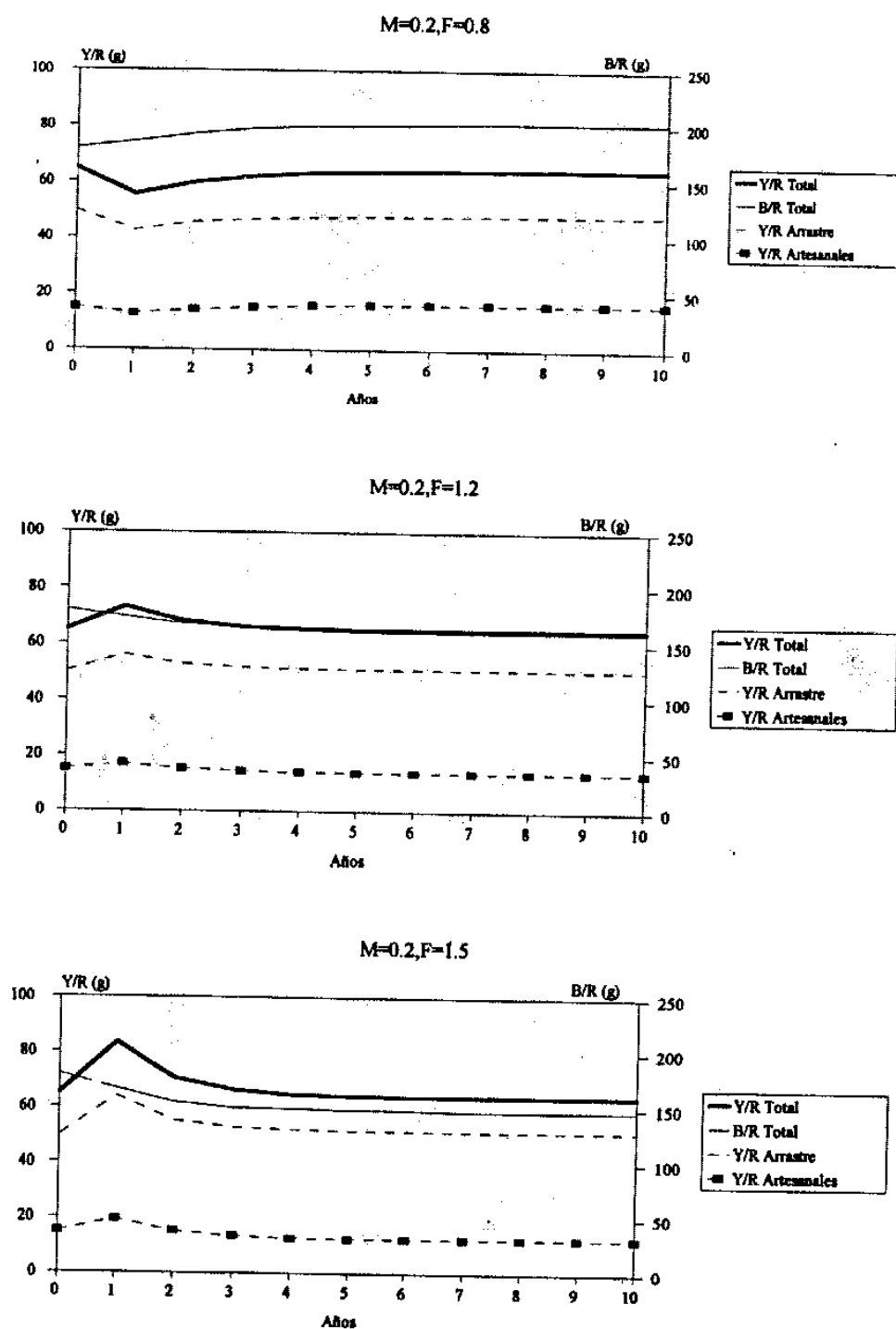


Figura 8.9. Análisis de transición considerando la tasa de mortalidad natural $M = 0.2$. Variaciones iniciales del esfuerzo (F) proporcionales y del mismo sentido para ambas flotas.

ANÁLISIS DE TRANSICIÓN

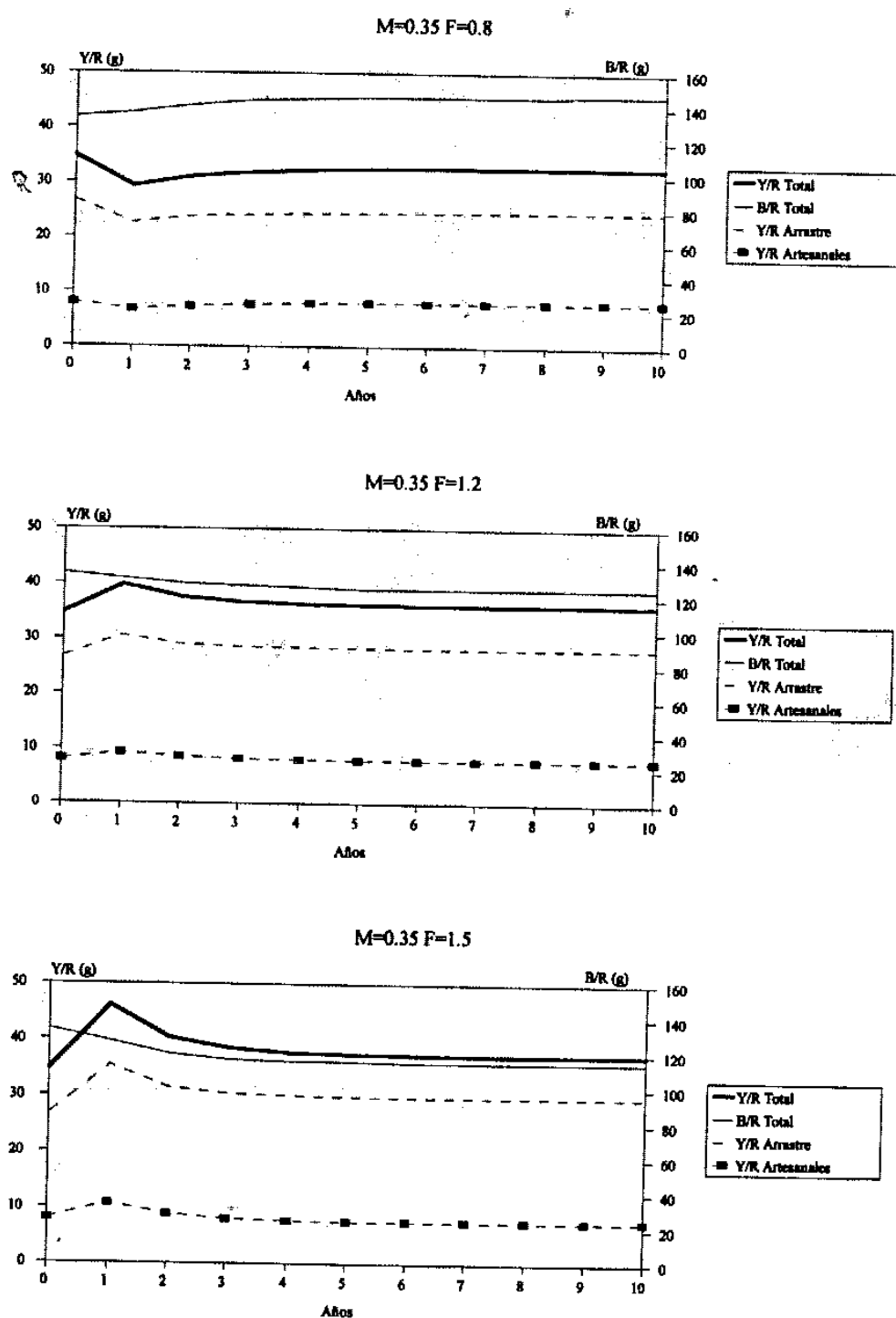


Figura 8.10. Análisis de transición considerando la tasa de mortalidad natural $M = 0.35$. Variaciones iniciales del esfuerzo (F) proporcionales y del mismo sentido para ambas flotas.

ANÁLISIS DE TRANSICIÓN

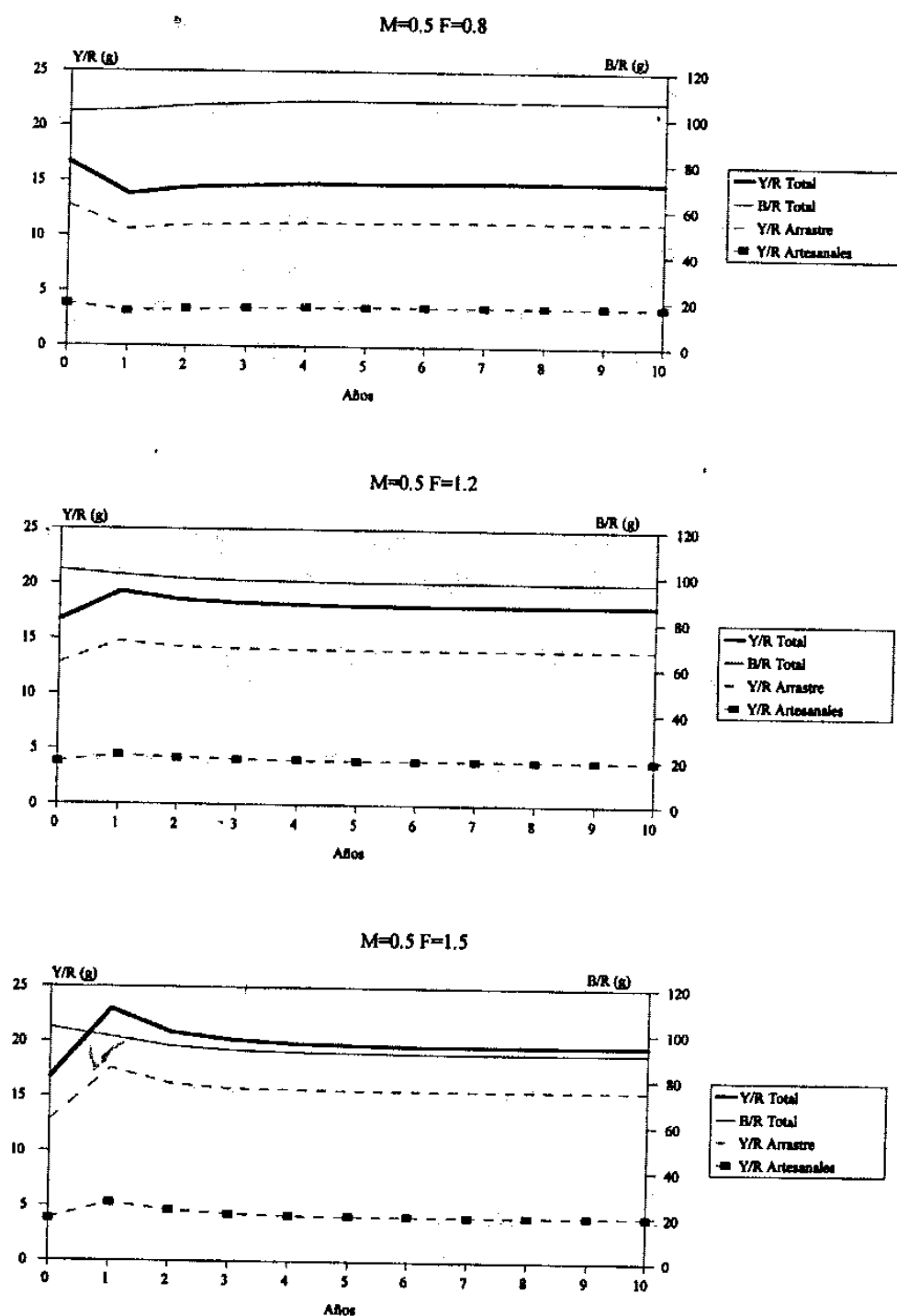


Figura 8.11. Análisis de transición considerando la tasa de mortalidad natural $M = 0.5$. Variaciones iniciales del esfuerzo (F) proporcionales y del mismo sentido para ambas flotas.

ANÁLISIS DE TRANSICIÓN

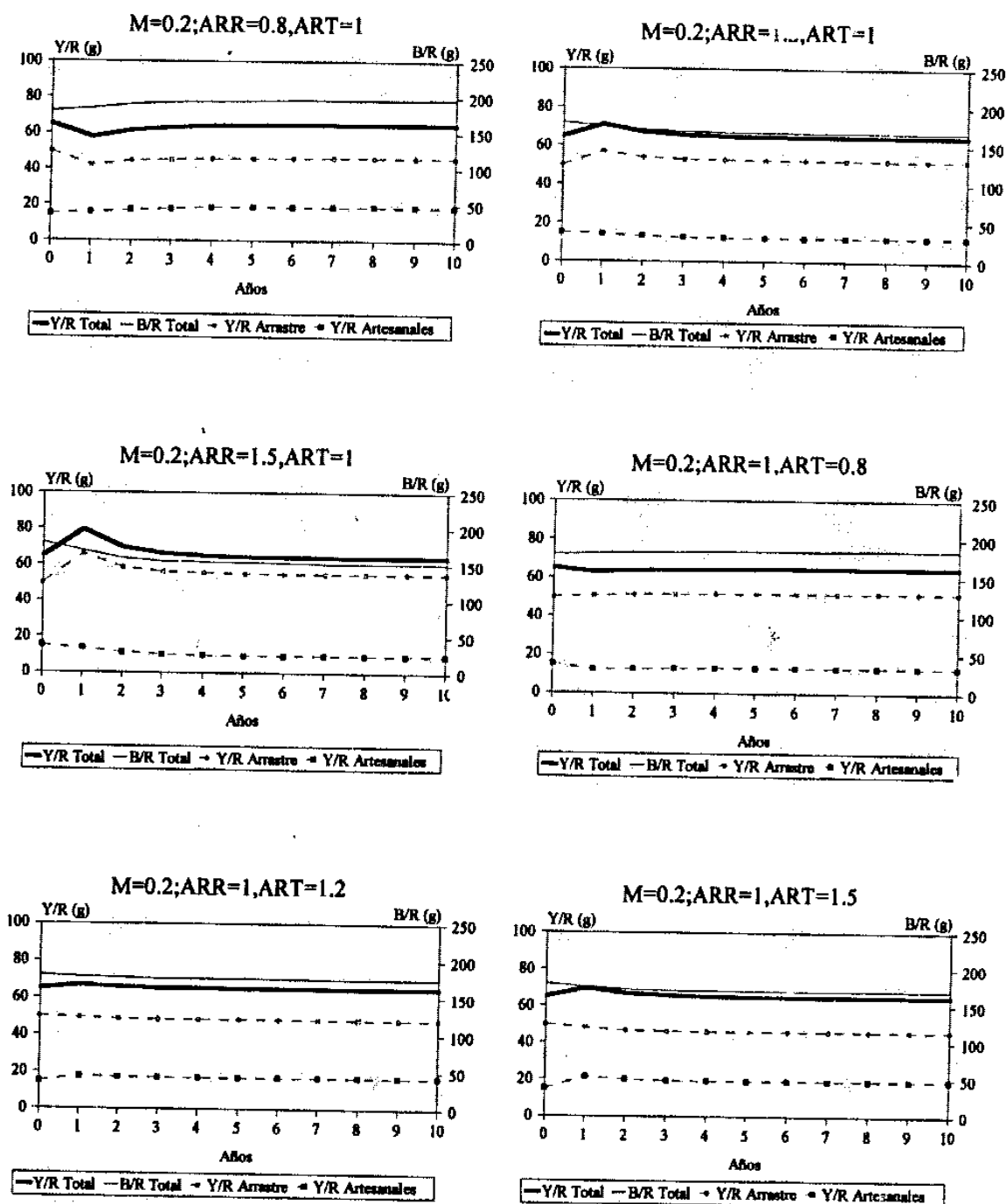


Figura 8.12. Evolución temporal del rendimiento por recluta (Y/R) y la biomasa por recluta (B/R) en el análisis de transición manteniendo el esfuerzo actual de una flota y modificando el de la otra. Tasa de mortalidad natural $M = 0.2$.

ANÁLISIS DE TRANSICIÓN

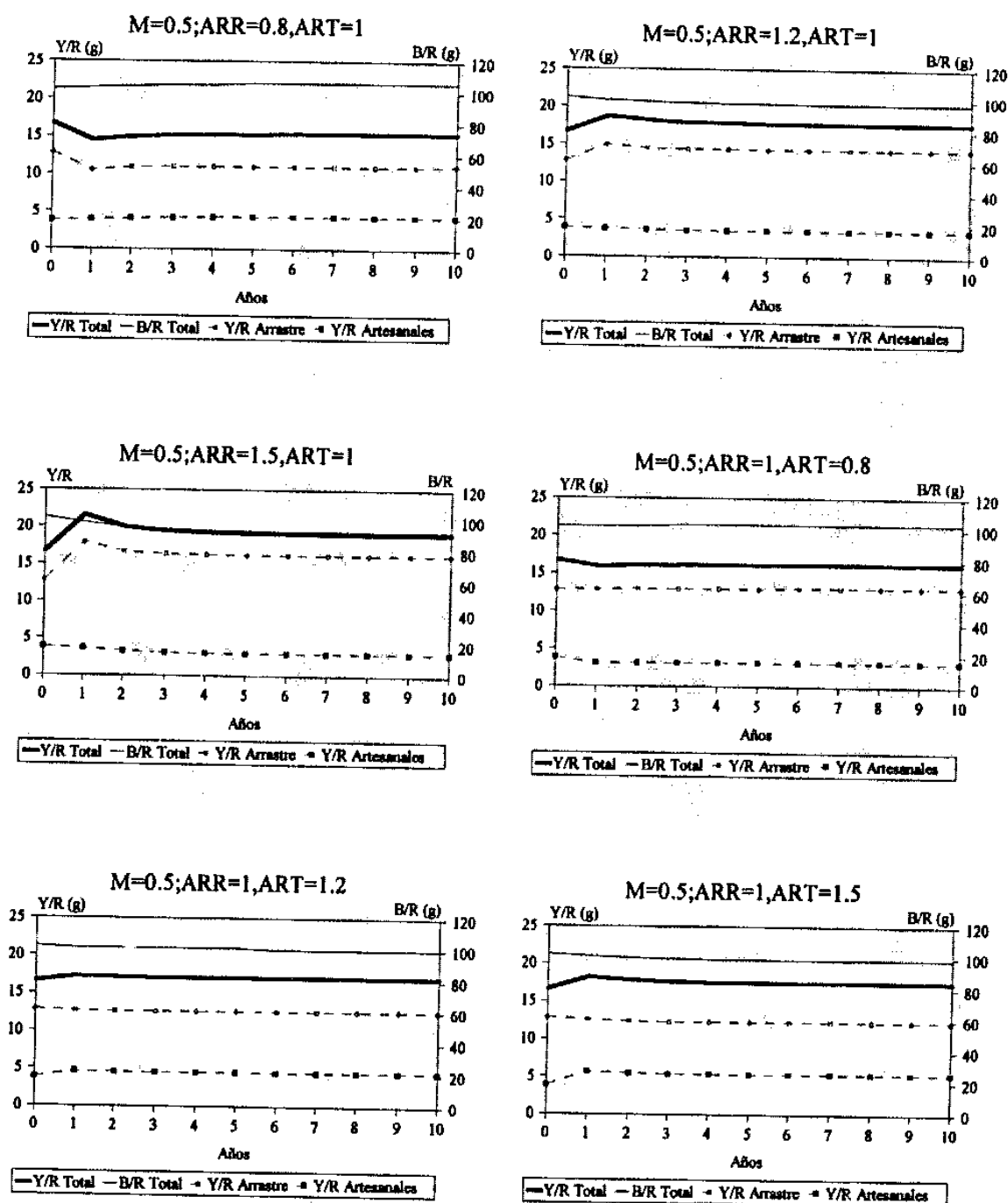


Figura 7.13. Evolución temporal del rendimiento por recluta (Y/R) y la biomasa por recluta (B/R) en el análisis de transición manteniendo el esfuerzo actual de una flota y modificando el de la otra. Tasa de mortalidad natural $M = 0.5$.

Como medida proteccionista del recurso, es decir encaminada a no provocar disminuciones de la biomasa por recluta, la actuación más cauta sería la de disminuir los esfuerzos al menos en uno de los dos artes. Pero esta actuación, como hemos visto, siempre provocaría pérdidas en los rendimientos por recluta correspondientes, por lo que en todo caso habría que buscar variaciones del esfuerzo de manera que las pérdidas que se produjeran en las capturas de un arte fueran compensadas de alguna manera por las ganancias del otro, siempre y cuando no hubiera sospechas de que el recurso pudiera correr peligro.

En este sentido se han realizado nuevos ensayos en los que se han efectuado análisis de transición en sentido inverso reduciendo un 20% el esfuerzo para uno de los artes e incrementándolo un 20% para el caso del arrastre y un 20% y un 50% para los artesanales. Los resultados se presentan en las tablas 8.16 y 8.17 y en las figuras 8.14 y 8.15.

M = 0.2 VALORES INICIALES		Y/R TOTAL		B/R TOTAL		Y/R ARR		Y/R ART		
		64.9		180		49.8		15		
SIMULACIÓN		PRIMER AÑO		EQUILIBRIO FINAL						
ARR	ART	Y/R Total	B/R Total	Y/R Total	B/R Total	AÑOS	Y/R ARR	AÑOS	Y/R ART	AÑOS
0.8	1.2	59.9	183	65.1	191	8	44.3	8	20.8	8
0.8	1.5	63.1	181	65.3	183	6	41.9	6	23.4	5
1.2	0.8	69.3	180	64.6	170	7	54.2	7	10.5	7

Tabla 8.16. Valores de la Producción por Recluta (Y/R) y la Biomasa por Recluta (B/R), en el primer año y en el nuevo equilibrio después de modificar el factor de esfuerzo en sentido inverso para ambas flotas. Datos para una tasa de mortalidad natural, $M = 0.2$.

M = 0.5 VALORES INICIALES		Y/R TOTAL	B/R TOTAL	Y/R ARR	Y/R ART					
		16.7	102	12.8	3.86					
SIMULACIÓN		PRIMER AÑO		EQUILIBRIO FINAL						
ARR	ART	Y/R Total	B/R Total	Y/R Total	B/R Total	AÑOS	Y/R ARR	AÑOS	Y/R ART	AÑOS
0.8	1.2	15.2	102	15.8	105	5	45	3	10.8	5
0.8	1.5	16.2	102	16.5	103	6	10.5	2	5.94	6
1.2	0.8	18.1	101	17.4	99	5	14.6	3	2.87	5

Tabla 8.17. Valores de la Producción por Recluta (Y/R) y la Biomasa por Recluta (B/R), en el primer año y en el nuevo equilibrio después de modificar el factor de esfuerzo en sentido inverso para ambas flotas. Datos para una tasa de mortalidad natural, $M = 0.5$.

Para $M=0.2$ una reducción del esfuerzo ejercido por el arrastre acompañado de un aumento en los artesanales de igual porcentaje o incluso superior, produciría mayores rendimientos mejorando incluso los valores de biomasa por recluta en el nuevo equilibrio. Para $M=0.5$, sin embargo, los rendimientos en el nuevo equilibrio serían menores, siendo los valores de la biomasa sólo ligeramente superiores. Para ambas mortalidades la inversión del esfuerzo a favor de la flota de arrastre no parece una solución acertada ya que produciría pérdidas de rendimiento en el caso de $M=0.2$ o disminuciones de los valores de biomasa para ambas tasas instantáneas de mortalidad natural.

8.4. Discusión.

Los resultados muestran que existe una interacción entre los dos grandes grupos de artes que explotan el stock de besugo: arrastre y artesanales. El impacto del arrastre es mayor, debido principalmente al mayor volumen de capturas que obtiene y al rango de tallas que explota con mayor intensidad, que está formado por individuos más pequeños.

ANÁLISIS DE TRANSICIÓN

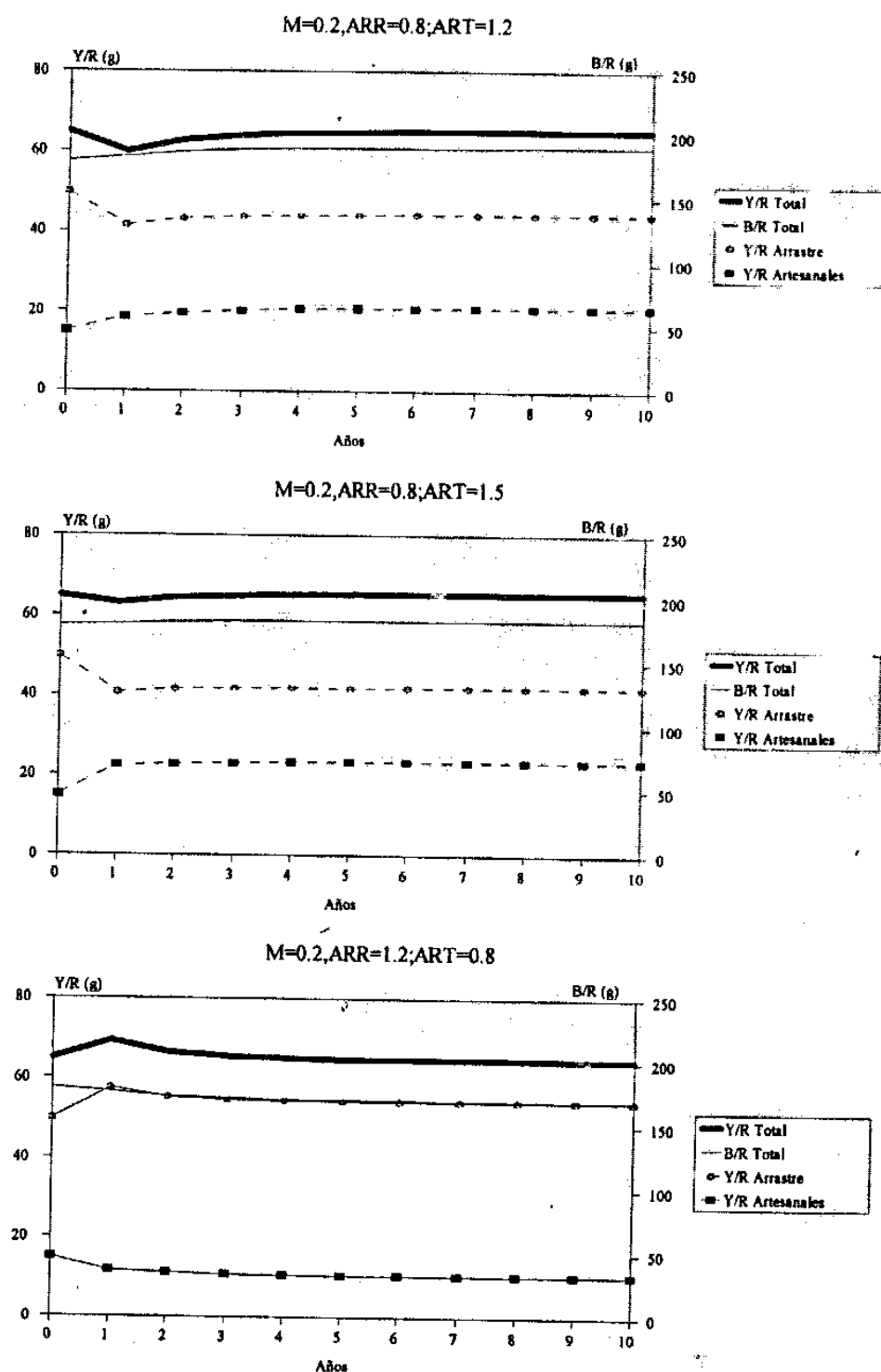


Figura 8.14. Análisis de transición considerando la tasa de mortalidad natural $M = 0.2$. Variaciones iniciales del esfuerzo en sentido inverso para ambas flotas.

ANÁLISIS DE TRANSICIÓN

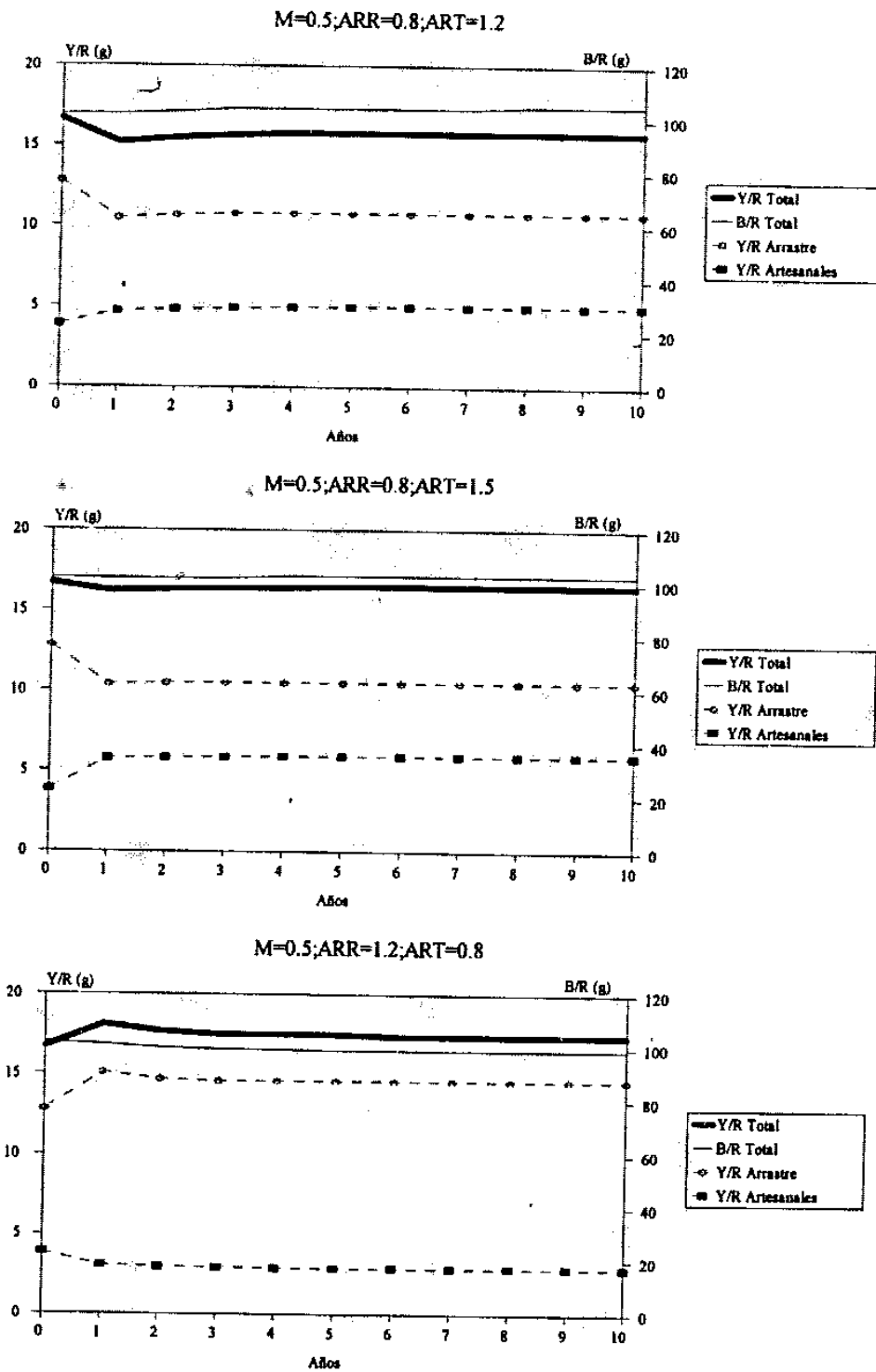


Figura 8.15. Análisis de transición considerando la tasa de mortalidad natural $M = 0.5$. Variaciones iniciales del esfuerzo en sentido inverso para ambas flotas.

Una de las conclusiones más importantes es que no se aprecia una sobreexplotación del stock, ya que en todo caso, para el valor más bajo de la tasa instantánea de mortalidad natural ensayada ($M = 0.2$), nos encontraríamos en el punto de óptima explotación. De las dos flotas analizadas es la de arrastre la que más influencia tiene sobre el Y/R global.

Se observa una fuerte sensibilidad de los análisis al valor que pueda tomar la tasa instantánea de mortalidad natural. Los resultados de los análisis de población virtual muestran que para $M=0.5$, comparado con $M=0.2$, el nivel de reclutamiento debe triplicarse, y el número y la biomasa del stock debe ser más del doble para mantener el nivel de capturas actual.

Como hemos visto a lo largo de las secciones precedentes, el uso de unos parámetros biológicos lo más acertados posible es condición indispensable para efectuar análisis de población adecuados, sobre todo en aquellos resultados que impliquen la aplicación de nuevas medidas de gestión de la pesquería. Este hecho se hace muy evidente en el caso de la tasa instantánea de mortalidad natural, parámetro al que hemos visto que son muy sensibles los resultados de los análisis, en especial a las diferencias de los valores de rendimiento y biomasa por reclutas a diferentes niveles de esfuerzo. Es también especialmente delicado en el caso que nos ocupa, puesto que el stock parece encontrarse en el nivel, o muy cercano, del óptimo de explotación no quedando suficientemente claro el punto del máximo rendimiento sostenible.

Los análisis de transición efectuados muestran que la población, si bien a diferentes escalas correspondientes a distintas tasas instantáneas de mortalidad natural, responde de manera muy similar a los cambios de explotación ensayados.

Sin embargo, los resultados obtenidos sólo pueden ser tenidos en cuenta en el marco que limitan los datos empleados, en particular en lo que se refiere a la hipótesis de equilibrio (reclutamiento constante) y a la tasa de mortalidad natural constante para cada una de las clases de edad (talla) consideradas. Además podríamos encontrar dos situaciones posibles

con un componente biológico estrechamente relacionado con la tasa de mortalidad natural muy diferente.

En concreto, para tasas de mortalidad natural altas (caso de $M=0.5$) las respuestas de la población dependerían más de los éxitos de los reclutamientos anuales, que estarían altamente influenciados por las condiciones del medio, que de la propia actividad pesquera traducida en términos de aumentos o disminuciones del esfuerzo. Por otro lado, es conocido que las tasas de mortalidad natural son más altas para los individuos más jóvenes; por lo tanto, teniendo en cuenta que en el besugo sólo son explotadas estas edades (tallas) por parte de la flota artesanal y en un porcentaje relativamente pequeño, se podría pensar que la tasa de mortalidad natural resultante fuera alta con respecto a la tasa de mortalidad por pesca.

Por otro lado, es posible que los datos de frecuencias de tallas registrados para la flota de arrastre no sean lo suficientemente precisos para las tallas más pequeñas, puesto que proceden de las descargas y no de las capturas. Por lo tanto, la incidencia sobre esas tallas puede ser mucho mayor de lo que muestran los datos, sin aparecer en los mismos por ser producto, bien de los descartes, o bien de vías de comercialización distintas a las legales y no controladas en nuestro estudio. En este caso la tasa de mortalidad natural resultante debería esperarse que fuera más baja (caso de $M=0.2$), lo que anularía la hipótesis anterior.

En cualquier caso, la mejor medida de recomendación, en la situación analizada, es la de no aumentar en todo caso el nivel de esfuerzo actual. Además, una reducción del esfuerzo mejoraría los valores de la biomasa por recluta, lo que podría ser tenido en cuenta como medida precautoria. En este sentido, y a la vista de la interacción que se observa entre la flota de arrastre y la artesanal, una solución viable, y la menos traumática, sería reconvertir parte de la flota de arrastre en artesanal con lo que se conseguiría (a medio plazo) el doble objetivo de aumentar los rendimientos y proteger el recurso.

Por último, habría que tener en cuenta que el intercambio de porcentajes de esfuerzo de la flota de arrastre a la artesanal no es una relación simétrica, ya que el número de embarcaciones es diferente. Además, la suma de esfuerzos de una y otra flota no es similar, ya que aunque el número de embarcaciones fuera el mismo, la flota artesanal no faena ni el mismo número de días, ni los esfuerzos ejercidos, tal como son generalmente medidos (número de barcos por días), son comparables.

9. CONCLUSIONES.

- 1) El besugo (*Pagellus acarne*) es la especie ictica demersal más importante en el contexto de las pescas de arrastre y artesanal del Mar de Alborán. Esta importancia viene dada tanto por las cifras de capturas registradas, como por el elevado rendimiento económico de la especie.
- 2) El mayor volumen de capturas de la región corresponde a la flota de arrastre, que durante el periodo 1989-1991 supuso el 77% del total desembarcado. Del resto de las capturas, el mayor porcentaje corresponde a la flota artesanal que faena con artes de enmalle fijos de un solo paño (soltas), que captura más de la mitad del total correspondiente a esta flota.
- 3) Existen bastantes diferencias entre los rangos de tallas explotados por las flotas de arrastre y artesanal. La flota de arrastre explota más intensamente un rango de tallas más estrecho y formado por individuos de tamaño más pequeño, que el de la flota artesanal. El mayor porcentaje de capturas de la flota de arrastre se sitúa entre los 19 cm y 23 cm de longitud total, mientras que el correspondiente a la flota artesanal está localizado entre 20 cm y 25 cm.
- 4) Con los artes y aparejos utilizados por la flota artesanal se capturan, mayoritariamente, fracciones de la población muy similares, excepto en el caso del trasmallo que incide de forma más intensa sobre la fracción juvenil del recurso. La distribución de frecuencias de tallas de los individuos capturados con este arte es significativamente diferente de la del resto de artes de tipo artesanal.
- 5) Se ha considerado que la población de besugo del sector norte del Mar de Alborán es un stock suficientemente homogéneo como para realizar análisis de dinámica. Esta consideración se ha basado en informaciones indirectas de tipo oceanográfico (barreras) y las relativas a la distribución de abundancias en el litoral mediterráneo

español. Sin embargo, no está completamente descartado que la tasa de intercambio con poblaciones de otras zonas pueda ser más grande de lo esperado.

- 6) La población de besugo del área estudiada se concentra en dos zonas bien delimitadas: una en las proximidades del Estrecho de Gibraltar y la otra al oeste del Golfo de Almería. Esta distribución espacial mantiene bastante constancia en todas las épocas del año. Las diferentes características oceanográficas entre ambas zonas, plantean una duda razonada sobre la posibilidad de que estas concentraciones correspondan a dos pequeñas unidades de stock independientes.
- 7) Existe una segregación batimétrica en función de las tallas de los individuos, del tipo "bigger-deeper". Los especímenes reproductores ocupan preferentemente rangos batimétricos por debajo de los 90 m de profundidad, mientras que la fracción juvenil de la población se distribuye en las cotas más someras. No se ha observado, sin embargo, una segregación de tipo espacial similar a la descrita para la especie en otras zonas de su área de distribución.
- 8) El balance de sexos es claramente favorable para los machos de la especie. La proporción de machos con respecto a la de hembras, ha oscilado según las diferentes épocas y años analizados desde 1.5 hasta 5.8. El valor de la sex-ratio calculada para el año 1991 indica que el 70 % de la captura total estuvo constituida por individuos machos.
- 9) El análisis de la proporción de sexos por clase de talla muestra una composición típica de una especie con hermafroditismo de tipo protándrico. La talla a la que se produce el cambio de sexo ha sido establecida entre 20.5 cm y 20.9 cm., aunque el rango en el que se produce el fenómeno de inversión sexual es bastante amplio (14-29 cm). Una parte de los individuos de la población no pasa nunca por una fase funcional de macho, desarrollándose directamente como hembras. Este fenómeno puede estar muy relacionado con la menor densidad de individuos en el mar, lo que

lo convierte en una buena adaptación a la presión de pesca para asegurar el éxito reproductivo.

- 10) La época de puesta del besugo en el Mar de Alborán es muy amplia, extendiéndose desde finales de la primavera (mayo) hasta principios del otoño (octubre). La evolución de diferentes índices cualitativos y cuantitativos indican que existen dos periodos álgidos de puesta que varían en el tiempo según los años. En el mar de Alborán no parece que la época de reproducción del besugo esté condicionada por la aparición de fenómenos de afloramiento, al menos de forma tan directa como se ha propuesto para las poblaciones de las costas noroccidentales africanas.
- 11) La curva de madurez del besugo del Mar de Alborán es bastante simétrica, al menos en lo que concierne a los machos. De entre los métodos ensayados, el ajuste a una logística por mínimos cuadrados se ha mostrado como el más adecuado para la definición de la curva que representa los porcentajes de madurez por clase de talla.
- 12) La talla de primera madurez del besugo del Mar de Alborán se sitúa en 19 cm de longitud total. El proceso de maduración de los individuos machos ocurre en un rango de tallas muy estrecho, situándose la talla de maduración masiva sobre los 21 cm de longitud total. No se han observado diferencias entre las tallas de primera madurez de machos y hembras, coincidiendo casi exactamente para ambos sexos en todos los casos analizados.
- 13) El análisis de fecundidad parece mostrar que el besugo es una especie con fecundidad indeterminada, que realiza varios actos de puesta en un ciclo reproductivo. El valor medio de fecundidad por tandas encontrado es del orden de 13000 huevos por hembra y el de fecundidad relativa de 64 huevos por gramo de hembra. La ausencia de datos con los que comparar estas cantidades, no permiten discernir si se trata de una especie con alta o baja fecundidad.

- 14) La relación entre la talla (L) y el peso (P) del besugo se ajusta bien a un modelo potencial del tipo $P = a L^b$. Los valores de los parámetros que definen la relación son bastante diferentes para los dos años analizados (1990 y 1991), por lo que no puede establecerse una relación única para la especie en el área. La ecuación talla-peso toma también valores muy diferentes según la época del año que se considere. Resulta patente un descenso de la ganancia en peso en el periodo inmediatamente posterior al de la época de puesta, que puede estar relacionado con el desgaste energético que supone la actividad reproductora.
- 15) La relación talla-edad de *Pagellus acarne* en el Mar de Alborán, calculada a través de la lectura directa de los anillos de crecimiento en otolitos, parece ajustarse bien al modelo definido por la ecuación de VON BERTALANFFY. De entre los métodos ensayados, el más adecuado resulta ser el del ajuste no lineal, que arroja los siguientes valores para los parámetros de la ecuación de crecimiento: $L_{\infty} = 29.62$; $K = 0.27$ y $t_0 = -1.36$.
- 16) Se ha observado un cambio en el ritmo de crecimiento que coincide con la edad a la que se alcanza la primera madurez sexual y el cambio de sexo. Este fenómeno parece ser consecuencia de los cambios fisiológicos que puede sufrir el besugo en los momentos en que ocurren tales manifestaciones.
- 17) Los métodos utilizados para determinar la tasa de mortalidad natural (M) de la especie en la zona, arrojan valores muy dispares, comprendidos entre 0.22 y 0.54, sin haberse encontrado argumentos suficientes que permitan elegir un valor único entre tan amplia gama. Como solución, en los análisis de dinámica de población se han utilizado tanto los valores extremos, representados por tasas de 0.2 y 0.5, como un valor intermedio (0.35), con la intención de cubrir el rango en el que se pudo encontrar el verdadero valor.

- 18) Ha sido apreciada una elevada sensibilidad en los resultados del análisis de población virtual (APV) a diferentes parámetros de entrada a los mismos, que son más acusadas en los valores del rendimiento por recluta (Y/R) que en los de la biomasa por recluta (B/R). El parámetro más sensible parece ser la tasa de mortalidad natural (M), que, según el valor que tome, afecta notablemente a los valores del nivel de reclutamiento y a los del número y la biomasa del stock. Los análisis también se muestran muy sensibles a los parámetros que definen la relación talla-peso (a y b) y muy poco a los valores de t_0 y F_t .
- 19) Las tasas de mortalidad por pesca (F) estimadas para la flota artesanal son poco importantes respecto a las registradas para la flota de arrastre, excepto las calculadas para las tallas más grandes. La flota de arrastre ejerce el mayor esfuerzo en el intervalo de tallas comprendido entre 20 cm y 23 cm, mientras la flota artesanal lo hace en el rango de tallas entre 23 cm y 26 cm.
- 20) No es apreciable una sobreexplotación del stock. Para el valor más bajo de la tasa de mortalidad natural ensayada (0.2), la población aparece en su conjunto al nivel de máxima explotación, o ligeramente sobreexplotada. Por el contrario, considerando el valor más elevado de la tasa de M la situación es de ligera subexplotación. En cualquier caso resulta muy difícil situar el punto del máximo rendimiento sostenible (MRS) en las curvas de producción por recluta.
- 21) Se observa una acusada interacción entre las dos flotas que explotan el recurso, teniendo una influencia inversa una sobre la otra aunque es mayor la influencia ejercida por la flota de arrastre.
- 22) Las diferencias observadas en los análisis de APV y del rendimiento por recluta (Y/R), realizados con los datos estructurados por tallas o por edades han sido mínimos, independientemente del juego de parámetros de entrada ensayado.

- 23) Las respuestas del stock en el análisis de transición son muy dependientes del valor de M ensayado. Para tasas de mortalidad natural altas, las respuestas de la población dependerían más de los éxitos de los reclutamientos anuales que de la propia actividad pesquera, por lo que los factores limitantes serían muy dependientes de las condiciones oceanográficas que condicionen los niveles óptimos. En el caso de que M tomara los valores más bajos, la influencia de la presión pesquera sería determinante para la buena salud del stock.
- 24) En la situación analizada, la mejor medida de recomendación es, en cualquier caso, la de no aumentar el nivel del esfuerzo pesquero actual. Un cambio de la dirección del esfuerzo debería siempre ser dirigido hacia aumentos del componente artesanal en detrimento del de arrastre, con lo que sería posible obtener aumentos en los rendimientos sin afectar de modo negativo el estado del recurso.
- 25) La suma de las características biológicas del besugo, en especial aquellas que hacen referencia a los mecanismos reguladores de su comportamiento reproductor, nos hacen reconsiderar el carácter demersal atribuido tradicionalmente a la especie. Las implicaciones que esta característica tiene en los análisis de dinámica de poblaciones, deben ser tenidas muy en cuenta a la hora de planificar cualquier medida de gestión para la mejor conservación del recurso, sobre todo aquellas que sean aplicables de modo generalista a especies pelágicas.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- ABAD, R. y J. BARO, 1991. Recursos pesqueros en el Mediterráneo español. *Política Científica*, 29: 45-48.
- ABAD, R. y A. GIRALDEZ, 1990. Descripción de la pesca de cerco en la Región Surmediterránea. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, nº 86: 48 pp.
- ABAD, R., J. MIQUEL y M. MILLAN, 1991. Resultados de la campaña de evaluación acústica ECOMED 90. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, nº 104: 63 pp.
- ALAGARAJA, K., 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian J. Fish.*, 31: 177-208.
- ALDEBERT, Y., L. RECASENS & J. LLEONART, 1993. Analysis of gear interactions in a hake fishery: the case of the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Sci. Mar.*, 57 (2-3): 207-217.
- ALEGRET, J.L., 1987. *Els armelladers de Palamos*. Diputació de Girona. Col·lecció Josep Plá, nº 4 : 254 pp.
- ALEKSEEV, F.E., 1967. Hermaphroditism and regulations of population sexual structure in *Pagellus acarne*. *ICES C.M.*, G:7: 1-4.
- ALEKSEEV, F.E., 1982. Hermaphroditism in Porgies (*Perciformes*, *Sparidae*), I. Protogyny in scups, *Pagrus pagrus*, (L.), *P. orphus* Risso, *P. chrenbergi* Val. and *P. auriga* Val. from the West African shelf. *J. Ichthyology*, 22(5): 85-94.
- ALHEIT, J., 1986. A new method for determining batch fecundity of Hake (genus: *Merluccius*). *ICES. Demersal Fish Committee*, G: 62: 7 pp.

- ALHEIT, J. and B. ALEGRE, 1986. Fecundity of peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. ICES. Pelagic Fish Committee, H: 60: 12 pp.
- ALVAREZ, F., 1990. Las pesquerías de arrastre para especies pelágicas en Tarragona. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, nº 87: 32 pp.
- ANATO, C.B. & M.H. KTARI, 1986. Age and growth of *B. boops* off the Tunisian coast. *Bull. Inst. Natn. Scient. Téchn. Océanogr. Pêche*, Salambó, 13: 33-54.
- ANDALORO, F., 1982. Résumé des paramètres biologiques sur *Pagellus acarne* de la mer Tyrrhénienne méridionale et de la mer Ionienne septentrionale. Report of the first technical consultation on stock assesment in the central Mediterranean. Tunis. *FAO Fish Rep.*, 266, 89-92.
- ANDALORO, F., 1983. About the catch, the diet, the reproduction, the size frequency and distribution of *Pagellus acarne* (Risso 1826) in the straits of Messina area. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28, (5): 35-37.
- ANDALORO, F. & S.P. GIARRITTA, 1985. Contribution to the knowledge of the age, growth and feeding of pandora in Sicilian Channel. *FAO Rapp. Pêch.* 336: 85-88.
- ANÓNIMO, 1992. *Filets maillants non derivants* Réalisé pour le F.R.O.M.-BRETAGNE. INFOS BRETAGNE SERVICES..
- ARBEX, J.C., 1986. *Pesqueros españoles*. Madrid: Min. Agr. Pesca y Alim., Secr. Gen. Técn., 369 pp.
- ARÉVALO, L. y J. GARCÍA, 1983. Corrientes de la costa de Málaga. Métodos y resultados. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 13: 45 pp.

- ASTUDILLO, A. y F. SÁNCHEZ, 1989. Selectividad de las artes de arrastre para el Gallo (*Lepidorhombus spp.*) en aguas del Cantábrico. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 72: 28 pp.
- BALGUERÍAS, E., 1993. *La pesca de los costeros canarios en el banco sahariano: antecedentes históricos y situación actual. La chopo (Spondyllosoma cantharus Linnaeus, 1758) como ejemplo de aplicación de métodos simples para la evaluación de stocks en la pesquería artesanal canaria.* Tesis Doctoral. La Laguna: Universidad de La Laguna, Departamento de Biología Animal, U.E.I. de Ciencias Marinas, 382 pp..
- BARO, J., F. RAMOS, J.A. CAMIÑAS Y J.C. NÚÑEZ, 1992. Las Pesquerías de Bivalvos de la región Surmediterránea Española. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 129: 1-104.
- BAS, C., E. MORALES y M. RUBIO, 1955. *La pesca en España. I Cataluña.* CSIC, Barcelona: 468 pp.
- BAS, C., 1979. Un modelo de distribución de dos especies: *Pagellus acarne* y *Octopus vulgaris*, influidas por la pesca y las condiciones ambientales. *Inv. Pesq.*, 43 (1): 141-148.
- BAZIGOS, G.R., 1979. *Phase II. Progress Report, 3. Aerial frame survey along the Southwest coast of India.* UNDP/FAO Pelagic Fishery Investigation Project on the Southwest coast of India. Rome, FAO, FIRM/IND/75/038, 104 pp.
- BELLÓN, L., 1950. Pesca y utilización del boquerón y de la sardina en las costas de Málaga. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 30: 114 pp.

- BELVEZE, H., 1984.** *Biologie et dynamique des populations de sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum) peuplant les côtes atlantiques du Maroc. Propositions pour un aménagement des pêcheries.* Thèse Doct. Etat., Univ. Bretagne Occ.:532 pp.
- BERTRAND, J. (Coord.), 1994.** *Campagne internationale de chalutage démersal en Méditerranée (MEDITS). Campagne 1994. Rapport final, manuel des protocoles et base de données.* Rapport de contrat CEE-IFREMET-IEO-ISBM-NCMR (MED/93/020,018,006,004), 172 P., 27P. + annexes, 8 disquettes (mimeo).
- BEVERTON, R.H.J. & S.J. HOLT, 1957.** On the dynamics of exploited fish populations. *U. K. Min. Agric. Fish. Food Fish. Invest.*, London, 19 (2): 533 pp.
- BEVERTON, R.H.J. & S.J. HOLT, 1959.** A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. In: **WOLSTENHOLME, G. E. W. & M. O'CONNOR (Eds.).** *Ciba foundation, colloquia on ageing. Vol. 5. The lifespan of animals.* Churchill, London: 142-180.
- BHATTACHARYA, C.G., 1967.** A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- BURCZYNSKI, J., 1982.** Introducción al uso de sistemas sonar para la estimación de la biomasa de peces. *FAO, Doc. Téc. Pesca*, 191 (Rev.1): 74 pp.
- CADDY, J.F. & G.P. BAZIGOS, 1985.** Practical guidelines for statistical monitoring of fisheries in manpower limited situations. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 257: 86 pp.
- CADDY, J.F. y D. PIAGGESI, 1983.** Mapping of shelf areas for fisheries yield estimation. *FAO Fish. Rep.*, 278 : 296-308.
- CADDY, J.F. y S. GARCIA, 1986.** Fisheries thematic mapping. A prerequisite for intelligent management and development of fisheries. *Oceanogr. Trop.*, 21 (1) : 31-52.

- CADIOU, Y., 1994. KARTO V. 5.2 (Programme de représentation géographique). IFREMER-NANTES.
- CAMIÑAS, J.A., J. BARO y J.A. REINA, 1987. *Las pesquerías locales de la Región Surmediterránea española. Primera parte*. Proyecto Cooperativo CEE/IEO 3857 : 236 pp. (mimeo).
- CAMIÑAS, J.A., J.C. NUÑEZ, F. RAMOS y J. BARO, 1989. *Las pesquerías locales de la Región Surmediterránea española. Segunda parte*. Proyecto Cooperativo CEE/IEO 88/2872 : 340 pp. (mimeo).
- CAMIÑAS, J.A., J. BARO, J.C. NUÑEZ y F. RAMOS, 1990. *Local fishery study of the Spanish South mediterranean region. Third part*. Coop. Proj. EEC/IEO XIV-B-1/1989-90 (mimeo).
- CAMIÑAS, J.A., J. BARO, J.C. NUÑEZ y F. RAMOS, 1992. Especies demersales capturadas con artes de anzuelo en el Mar de Alborán. In: ALEMANY, A. (Ed.). *Historia Natural '91*: 361-367.
- CAMIÑAS, J.A. y J. BARO, 1992. Fishing resources exploited by the small scale fisheries fleet in the Alborán Sea. Recommendations for its Management. In: J.L. SUÁREZ DE VIVERO & INTERNATIONAL GEOGRAPHICAL UNION (Eds.). *The Ocean Change: Management patterns and the environment. (Proceedings of the CMG)*. Meeting held at La Rábida (Huelva, 22-25 May 1991). Sevilla, Departamento de Geografía Humana: 289-294 pp.
- CANO, N., 1977. Resultados de la campaña "Alborán 73". *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, I(230): 103-175.
- CANO, N., 1978. Resultados de la campaña "Alborán 76". *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, IV(247): 3-50.

- CANO, N., F. DE CASTILLEJO y J. GARCÍA LAFUENTE, 1994. Variaciones anuales e interanuales de la temperatura superficial en el mar de Alborán. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 150: 24 pp.
- CANO, N. y J. GARCÍA LAFUENTE, 1991. Corrientes en el litoral malagueño. Baja frecuencia. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 7 (2): 59-77.
- CGPM, 1982a. Report of the second Technical Consultation on stock assesment in the Balearic and Gulf of Lions statistical divisions. Casablanca, Morocco 7-11 December 1981. *FAO Fish. Rep.* 263: 165 pp.
- CGPM, 1982b. Report of the first Technical Consultation on stock assesment in the central Mediterranean. Tunis, 19-23 April 1982. *FAO Fish. Rep.*, 266: 125 pp.
- CLARK, I., 1979. *Practical Geostatistics*. London & New York : Elsevier, 129 pp.
- COREL CORPORATION, 1993. Coreldraw v. 4.0.
- CSIRKE, J., 1980. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. *FAO Doc. Téc. Pesca*, 192: 82 pp.
- CHACROUN-MARZOUK, N. et F. KARTAS, 1987. Reproduction de *Pagrus caeruleostictus* (Valenciennes, 1830) (Pisces, *Sparidae*) des cotes tunisiennes. *Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Oceanogr. Pêche Salambó*, 14: 33-45.
- CHARBONNIER, D. & J.F. CADDY, (Eds.) 1986. Report of the Technical Consultation of the General Fisheries Council for the Mediterranean on the methods of evaluating small-scale fisheries in the western Mediterranean. Sète, France, 13-16 May 1986. *FAO Fish. Rep.*, 362: 155 pp.
- CHARBONIER, D. y S. GARCIA, 1985. *Atlas de las pesquerías del Mediterráneo Occidental y Central*. FAO, CGPM y CEE (Eds.), Rome 1985.

- D'ANCONA, U., 1950. Il differenziamento della gonade e l'inversione sessuale degli Sparidi. *Arch. Ocean. Lim.*, año VI, fasc. II-III.
- DE MARTINI, E.E. and R.K. FOUNTAIN, 1981. Ovarian cycling frequency and batch fecundity in the queenfish, *Seriphus politus*: Attributes representative of serial spawning fishes. *Fish. Bull., U.S.* 79:547-560.
- DE MIRANDA y RIVERA, A., 1923. La pesca marítima en España en 1920. Costas mediterráneas del S. y Marruecos español. *Bol. Pescas.*, VII (77-80): 77-110 pp.
- DEL CERRO, L. y F. PORTAS, 1983. *La pesca a Vilanova i La Geltrú. Guia per a la visita del port i la llotja de peix*. Ed. Servei del Medi Ambient, Diputació de Barcelona, Barcelona : 56 pp.
- DJABALI, F., S. BOUDRAA, A. BOUHDID, H. BOUSBIA E. H. BOUCHELACHEM, B. BRAHMI, M. DOB, O. DERDICHE, F. DJKRIR, L. KADRI, M. MAMMASSE, A. STAMBOULI et B. TEHAMI, 1991. Travaux réalisés sur les stocks pélagiques et démersaux de la région de Béni-Saf. *FAO Fish. Rep.*, 447: 160-170.
- DOMANEVSKAYA, M.V., 1982. Specifics of the distribution of *Pagellus acarne* (*Sparidae*) in the Southeastern Mediterranean Sea. *J. Ichthyol.*, 22(2): 127-130.
- DOMANEVSKAYA, M.V., 1987. Caracteristiques ecologiques et biologiques du dente aux gros yeux (*Dentex macrophthalmus* Bloch, 1791) et du pageot argente (*Pagellus acarne* Risso, 1926) de la region centre-est Atlantique. *Report FAO CECAF/ECAF Ser.*, 86/38: 299-432.
- ENGLUND, E. & A. SPARKS, 1988. GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assesment Software) User's guide. U. S. Environmental Protection Agency. Las Vegas. Nevada.

- FARANDA, F., G. LO PARO, A. MANGANARO, S. GRECO, F. AZZARO, A. DONATO, G. DUGO, A. MAUCERI, V. MICALE, F. PERDICHIZZI y A. VERZERA, 1985.** Effetti della densità di allevamento di *Pagellus acarne* sull'accrescimento, sul differenziamento delle gonadi e sul contenuto lipidico del tessuto epatico. *Mem. Biol. Mar. Oceanogr.* Vol. 15: 223-240.
- FARRUGIO, H., 1991.** Artisanat et pêche en Méditerranée. Evolution et état de la Recherche. In: **J.R. DURAND, J. LEMOALLE & J. WEBER (Eds.).** *La Recherche Face la Pêche Artisanale, Symp. Int.* ORSTOM-IFREMER, Montpellier France, 3-7 juillet 1989. Paris: ORSTOM. 143-156.
- FARRUGIO, H. et G. LE CORRE, 1984.** *Strategie d'échantillonnage des pêches aux petits métiers en Méditerranée. Rapport final.* Convention CEE, XIV-B-I 83/2/MOP P1: 39 pp (mimeo).
- FISCHER, W., M.L. BAUCHOT et M. SCHNEIDER, 1987.** *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés.* Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. Rome, FAO, Vol. 2: 761-1530.
- FORD, E., 1933.** An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 19: 305-384.
- FRY, F.E.J., 1949.** Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics*, 5: 27-67.
- GARCÍA, M.T., 1993.** *Actividad de la flota sardinal española en Africa Occidental. Aspectos biológicos de la sardina (Sardina pilchardus (Walbaum, 1792)), dinámica y evaluación del recurso.* Tesis doc. Universidad de La Laguna, 394 pp.

- GARCÍA, A., J. CRESPO y J.C. REY, 1981. A contribution to the knowledge of the southern part of Spain's Mediterranean coastal zone including a description of a beach seine fishery. *FAO (CGPM) Etudes et Revues*, 58: 139-155.
- GARRATT, P.A., A. GOVENDER and E. PUNT, 1993. Growth acceleration at sex change in the protogynous hermaphrodite *Chrysoblephus puniceus* (Pisces: Sparidae). *S. Afr. J. mar. Sci.*, 13: 187-193.
- GAYANILO, F.C., M. SORIANO and D. PAULY, 1988. A draft guide to the COMPLEAT ELEFAN. ICLARM Software Project 2: 65 pp.
- GAYANILO, F.C., P. SPARRE and D. PAULY, 1994. *The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT) User's Guide*. FAO 1994. (mimeo).
- GHORBEL, M., 1981. *Contribution à l'étude morphologique et biologique des poissons des genres Pagellus et Lithognathus de Tunisie; étude dynamique préliminaire du pageau dans le Golfe de Gabés*. Diplôme d'études approfondies de biologie marine et d'oceanographie. Université de Tunis, 139 pp.
- GIL, J., 1985. Consideraciones acerca de un fenómeno de afloramiento en la zona noroccidental del Mar de Alborán. Agosto 1982. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 36: 10 pp.
- GIL DE SOLA, L., 1993. Las Pesquerías Demersales del Mar de Alborán (Surmediterráneo Ibérico). Evolución en los últimos decenios. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 142: 1-179.
- GIL DE SOLA, L., 1994. Ictiofauna demersal de la plataforma continental del mar de Alborán (Mediterráneo suroccidental ibérico). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 10(1): 63-79.

- GIRARDIN, M., 1978. *Les Sparidae du golfe du Lion. Ecologie et biogéographie*. Diplôme d'études approfondies. Univ. sci. et tech. du Languedoc, Montpellier. (140 pp).
- GIRARDIN, M., 1981. *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) et *Boops boops* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Sparidae) du Golfe de Lion. *Ecobiologie, prises commerciales et modèles de gestion*. These de Doctorat d'etat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc: 290 pp.
- GIRARDIN, M., A. BENSATLA, A. CAMPILLO, A. CHALABI, 1986. Evaluation du rendement relatif par recrue à partir de distributions de fréquences de tailles. Applications à trois espèces démersales (*Phycis blennoides*, *Solea vulgaris* et *Boops boops*) de la Méditerranée occidentale. *FAO Rapp. Pêches* 347: 106-204.
- GOLD, J.R., 1979. Cytogenetics In: W.S. HOAR, D.J. RANDALL & J.R. BRETT (Eds.). *Fish Physiology. Volume VIII. Bioenergetics and Growth*. San Diego (etc): Academic Press, Inc., 1979, 786 pp.
- GOLDEN SOFTWARE INC., 1989. Surfer v. 4.14.
- GONZÁLEZ, J. A., I. J. LOZANO, J. CARRILLO, M.A. CALDENTEY y J.I. SANTANA, 1990. Época de puesta de ocho espáridos en las Islas Canarias. In: L. GÁLLEGO CASTEJÓN (Ed.). *BENTOS VI*: 313-320.
- GONZÁLEZ, J.A. y I.J. LOZANO, 1992. Determinación de curvas de madurez sexual en la vieja, *Sparisoma (Euscarus) cretense* (L.) (*Osteichthyes, Scaridae*), de Canarias. *Bol. Ins. Esp. Oceanogr.*, 8(2): 271-297.
- GONZÁLEZ PAJUELO, J.M. y J.M. LORENZO NESPEREIA, 1994. Parámetros biológicos del besugo *Pagellus acarne* (Pisces, *Sparidae*) en Gran Canaria (Islas Canarias). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 10 (2): 155-164.

- GULLAND, J.A., 1965. Estimation of mortality rates. *Annex to the Report of the Arctic Fisheries Working Group*. ICES C. M. 1965/3: 9 pp.
- GULLAND, J.A., 1969. Manual of Methods for Fish Stock Assessment. Part. 1. Fish Population Analysis. *FAO Manual in Fisheries Science*, nº 4: 154 pp.
- GULLAND, J.A., 1975. Manual of methods for fisheries resources survey and appraisal. Part 5. Objectives and basic methods. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (145) : 29 pp.
- GULLAND, J.A., 1991. *Fish stock assessment: a manual of Basic Methods*. Chichester (etc): John Wiley & Sons 1991, 221 pp.
- GULLAND, J.A. and S.J. HOLT, 1959. Estimation of growth parameter for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25(1) : 47-9.
- HASSELBLAD, V. and P.K. TOMLINSON, 1971. NORMSEP. Normal distribution separator. In: ABRAMSON (Comp.). Computer programs for fish stock assessment. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 101.
- HERNÁNDEZ MOLINA, J., 1993. *Dinámica sedimentaria y evolución, durante el Pleistoceno-Holoceno, del margen continental del mar de Alborán*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 618 pp.
- HOLDEN, M.J. and D.F.S. RAITT (Eds.), 1974. Manuel de science halieutique. Deuxième partie. Méthodes de recherches sur les ressources et leur application. *Doc. Tech. FAO Pêches*, 115 (Rev. 1): 223 pp.
- HUNTER, J.R., 1985. Preservation of Northern Anchovy in Formaldehyde Solution. In: R.LASKER (Ed). An egg Production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Technical Report NMFS 36: 63-65.

- HUNTER, J.R., N.C.H. LO and R. LEONG, 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: R. LASKER (Ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: applications to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Technical Report NMFS, 36: 67-77.
- HUNTER, J.R. & B.J. MACEWICZ, 1985. Measurements of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: LASKER, R. (Ed.). An egg production model for estimating spawning biomass of pelagic fish: applications to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Technical Report NMFS 36: 79-94.
- HUNTER, J.R., B.J. MACEWICZ, N.C. LO & C.A. KIMBRELL, 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. *Fishery Bull, U S*, 90: 101-128.
- IGLESIAS, M. y J.M. MARTORELL, 1988. *La pesquería litoral de las Islas Baleares*. Proyecto Cooperativo IEO/CAIB/CEE, XIV-B.1/87/8/2840 (mimeo).
- ILES, T.D., 1984. Allocation of Resources to Gonad and Soma in Atlantic Herring *Clupea harengus* L. In: POTTS, G. W. & R. J. WOOTTON (Eds.). *Fish reproduction: strategies and tactics*. London (etc): Academic Press Inc. Ltd., 1984: 331-347 pp.
- ISAAC-NAHUM, V.J., 1981. *Biología reproductiva de Micropogonias furnieri (Desmarest, 1823) (Teleostei: Sciaenidae)*. Tese de Maestrado. Inst. Ocean. da Univer. de Sao Paulo. 157pp.
- JONES, R., 1982. The use of length composition data in fish stock assessments (with notes on VPA and Cohort Analysis). *FAO Fisheries Circular*, 734: 55 pp.

- JUKIC, S. & C. PICCINETTI, 1981. Quantitative and qualitative characteristics of demersal resources in the Adriatic sea with some population dynamics estimates. *FAO Rapp. Pêch.* 253: 73-92.
- KARTAS, F. et J.P. QUIGNARD, 1984. *La fécondité des poissons téléostéens*. Coll. Biol. Milieux Marins, 5. Editorial Mason, París : 121 pp.
- LAMBERT, T.C. y D.M. WARE, 1984. Reproductive strategies of demersal and pelagic spawning fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1565-1569.
- LAMRINI, A., 1986. Sexualité de *Pagellus acarne* (Risso, 1826) (Teleosteen, *Sparidae*) de la côte Atlantique Meridionale du Maroc (21° - 26° N). *Cybium*, 10 (1): 3-14.
- LANG, J.B. & C.D. BUXTON, 1993. Validation of age estimates in sparid fish using fluorochrome marking. *S. Afr. J. mar. Sci.* 13: 195-203.
- LARRAÑETA, M.G., 1953. Observaciones sobre la sexualidad de *Pagellus erythrinus* L. *Publ. Inst. Biol. apl.*, XIII: 83-101.
- LARRAÑETA, M.G., 1964. Sobre la biología de *Pagellus erythrinus* (L.) especialmente de las costas de Castellón. *Inv. Pesq.*, 27: 121-146.
- LARRAÑETA, M.G., P. SUAÚ y J.M. SAN FELIU, 1969. Experiencia de selectividad en la pesquería de arrastre en el Levante español. *Invest. Pesq.*, 33 (1): 15-54.
- LASSERRE, G., 1976. *Dynamique des populations ichthyologiques lagunaires. Application à Sparus aurata L.* Université Scientifique et Technique du Languedoc, Montpellier.

- LAZAR, N., K. BENBOUCHAIB, M. ZOUIRI, A. IDELHAJ, 1986. Résultats de la campagne exploratoire du plateau continental de la Méditerranée marocaine. *FAO, Rapp. Pêches*, 347: 85-98.
- LE CREN, E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20(2): 201-219.
- LE-TRONG PHAN & A. KOMPOWSKY, 1972. The bronze bream *Pagellus acarne* (Risso) from North-West African region. *Acta ichthyol. et piscator.*, 2 (1): 3-18.
- LIVADAS, R.J., 1989a. The growth and maturity of bogue in waters of Cyprus. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 52-57.
- LIVADAS, R.J., 1989b. A study of the biology and population dynamics of pandora (*Pagellus erythrinus* L., 1758), Family *Sparidae*, in the Sea of Cyprus. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 58-76.
- LO, N.C.M., J. ALHEIT y B. ALEGRE, 1986. Fecundidad parcial de la sardina peruana (*Sardinops sagax*). *Boletín del Instituto del Mar del Perú*. Vol. 10, núm. 2: 48-60.
- LOPEZ DE LEON, E., D. PAGANO y W. NORBIS, 1992. Análisis cuantitativo en ovarios de peces teleósteos y su aplicación en *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Pisces: *Sciaenidae*). *Sci. Mar*, 56(4): 301-308.
- LOZANO, I., M.A. CALDENTEY, J.A. GONZÁLEZ, J. CARRILLO y J.J. SANTANA, 1990. Talla de primera madurez sexual de seis espáridos de interés pesquero en Canarias. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 84: 30pp.

- LLABRES, M. y J.M. MARTORELL, 1984. *Las pesquerías de artes menores de las Islas Baleares*. Comunidad Autónoma de las Islas Baleares (ed.), Palma de Mallorca, 270 pp.
- LLEONART, J. (Coord.), 1986. L'Oceanografia. II. Recursos pesquers de la mar Catalana. *Quaderns d'ecologia aplicada*, Diputació de Barcelona, Barcelona, 9:147 pp.
- LLEONART, J., 1990. *La pesquería de Cataluña y Valencia, descripción global y planteamiento de las bases para su seguimiento*. Informe final, tercer año, CEE D. G. XIV B-1, 1634 pp. (mimeo).
- LLEONART, J. y J. SALAT, 1992. VIT. Programa de análisis de pesquerías. *Inf. Téc. Sci. Mar.*, 168-169: 116 pp.
- LLORIS, D., J. RUCABADO, J. LLEONART, y P. RUBIES, 1979. Adaptaciones de los organismos frente a variaciones ambientales sostenidas: *Pagellus acarne* como modelo de ciclo vital en el afloramiento del NW de África. *Inv. Pesq.*, 43 (2): 479-490.
- MAN-WAI, R. et J.P. QUIGNARD, 1982. Les sars *Diplodus sargus* (Linné, 1758) du Golfe du Lion: croissance et caractéristiques des débarquements aux créées de Sète et du Grau-du-Roi. *Rev. Inst. Pêch. marit.*, 46 (3): 173-194
- MARTIN, P., 1989. *Dinámica de la pesquería de arrastre en Cataluña*. Tesis doc. Universidad de Barcelona, 358 pp.
- MARTINEZ BAÑO, P., F. VIZUETE, J. MAS y F. FARACO, 1990. Contribution to the Knowledge of the accompanying fauna of *Aristeus antennatus* on the bathyal bottoms in the S.E. of Spain. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 32, 1.

- MASSUTÍ, M., 1967. Cartas de pesca de la Región Surmediterránea Española (desde Estepona a Adra). *Trabajos del IEO*, n° 33: 24 pp..
- MATHERON, G., 1971. *The theory of regionalized variables and its applications*. Centre de Morphologie Mathématique de Fointenebleau, 5, 211 pp.
- MAURIN, C. 1968. Ecologie ichthyologique des fonds chalutables atlantiques (de la baie Ibero-Marocaine a la Mauritanie) et de la Méditerranée Occidentale. *Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes*, XXXII (fasc.1): 1-147.
- MCLENNAN, D y E.J. SIMMONDS, 1992. *Fisheries Acoustic*. Chapman & Hall, London, 325 pp.
- MILLAN ROCA, L., 1986. *La pesca de Sant Carles de La Rápita en xifres*. Cofradía de Pescadores "Verge del Carme", Sant Carles de la Rápita : 112 pp.
- MILLNER, R.D., 1985. The use of anchored gill and tangle nets in the sea fisheries of England and Wales. *Lab. Leaflet, MAFF Direct. of Fish. Res.*, Lowestoft, n° 57, 27 pp.
- MORALES-NIN, B., 1979. Ultra structure of the otoliths from *Pagellus acarne* (Risso). *Rapp. Comm. int Mer Médit*, 25/26, (10): 27-30.
- MORALES-NIN, B., 1986. Chemical composition of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*, Pisces: *Serranidae*) otoliths. *Cybium* 10 (2): 115-120.
- MORALES-NIN, B., 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Téc. Inv. Pesq.*, 143: 3-31.
- MORALES-NIN, B., 1992. Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos. *FAO*, 322, 1-58.

- MUNRO, J.L. and D. PAULY, 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 1(1): 5-6.
- MYTILINÉOU, C., 1989. Données biologiques sur le pageot des cotes orientales de la Grèce centrale. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 77-82.
- NÉDÉLEC, C. (Ed.), 1975. *Catalogue of small-scale fishing gear*. Surrey, England: FAO, Fishing News Books Ltd., 191 pp.
- NELSON, J.S., 1994. *Fishes of the World*. (3rd ed.) New York, etc.: John Wiley & Sons, Inc., 60 pp.
- OLIVER, P., 1983. Les ressources halieutiques de la Méditerranée. Première partie: Méditerranée occidentale. *FAO (CGPM) Etud. Revues Cons Gen Pêch. Mediterr.*, (59): 135 pp.
- OLIVER, P., 1988. La situación de los recursos en los que faena la flota española y sus perspectivas. *Información Comercial Española*, Min. Econom. Hacienda, (653-654): 21-35.
- OLIVER, P., 1994. Dinámica de la población de merluza (*Merluccius merluccius* L.) de Mallorca (reclutamiento, crecimiento y mortalidad) (Tesis Doctoral). *Microfichas del I.E.O.*, 2: 3-11.
- 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., 1985. Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. *FAO Doc. Tech. Pêches*, 234: 56 pp.

- PALOHEIMO, J.E. & E. CADIMA, 1964.** Excepts from "on statistics of mesh selection". *ICNAF Ann. Meet.*, June 1964, Doc. 98.
- PASSELLAIGUE, F., 1974.** *Etude comparés de la croissance de quelques poissons téléostéens du golfe de Marseille.* Thèse 3^e cycle (158 pp.). Univ. Aix-Marseille II.
- PEREIRO, J.A., 1982.** Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanog.*, no. 1: 255 pp.
- PEREZ, N., I. FIGUEIREDO and A.M. SANTOS, 1989.** Batch fecundity of *Sardina pilchardus* off the Iberian Peninsula. *ICES. Pelagic Fish Committee*, H:17: 9 pp.
- PETERSEN, C.G.J., 1892.** Fiskenes biologiske forhold i Holbaek Fjord, 1890-91. *Beret. Danm. Biol. St.*, 1890 (1) 1: 121-183.
- PLANAS, A., F. VIVES y P. SUAUI, 1955.** La pesca de arrastre. *Inv. Pesq.*, (2): 33-54.
- POLLONI, P., R. HAEDRICH, G. ROWE y C. HOVEY, 1979.** The size-depth relationship in deep ocean animals. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 64 (1): 39-46.
- POPE, J.G., 1972.** An investigation of the accuracy of Virtual Population Analisis using Cohort Analysis. *ICNAF Res. Bull.*, 9: 65-74.
- POPE, J.A., 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. Téc. Pesca*, 41 (Rev.1): 56 p.
- PRINGLE, J.D. y R.E. DUGAN, 1983.** A remote sensing technique for quantifying fishing effort. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1217: 16 pp.
- RIKHTER, V.A. & 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.

- REINA, J.A., 1985. *La pesca de arrastre litoral con arte de boliche en la costa de Málaga*. Memoria de licenciatura. Universidad de Málaga. 264 pp.
- REY, J. y T. MEDIALDEA, 1989. Los sedimentos cuaternarios superficiales del margen continental español. *Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3: 29 pp. + 7 mapas.
- RIJAVEC, L. & S. ZUPANOVIC, 1965. A contribution to the knowledge of biology of pandora in the middle Adriatic. *Rapp. P. V. Reun. CIESM* 18 (2): 195-200.
- RODRÍGUEZ SANTAMARÍA, B., 1923. *Diccionario de artes y aparejos de España y sus posesiones*. Madrid, 1923: 816 PP.
- ROY, C., P. CURY, A. FONTANA y H. BELVEZE, 1989. Stratégies spatio-temporelles de la reproduction des clupéidés des zones d'Afrique de l'Ouest. *Aquat. Living Resour.*, 2: 21-29.
- RUBIN, J.P., J. GIL, J. RUIZ, M.D. CORTES, F. JIMENEZ, M. PARADA Y J. RODRIGUEZ, 1992. La distribución ictioplanctónica y su relación con parámetros físicos, químicos y biológicos en el sector norte del mar de Alborán, en julio de 1991. (Resultados de la campaña "IctioAlborán 0791). *Inf. Téc. Inst. Esp. Oceanogr.*, 139: 49 pp.
- RUBÍN, J.P., 1996. *El ictioplancton del Mar de Alborán*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. 217 pp.
- SAÑEZ REGUART, A., 1791. *Diccionario histórico de los artes de la pesca nacional*. Edición facsímil del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ludweg Editores. Madrid, 1988. (Imprenta de la Viuda de Don Joaquín Ibarra. Madrid, 1791).

- SAVILLE, A. (Ed.), 1977. Survey methods of appraising fisheries resources. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (171): 76 pp.
- SCOTT, S.G. y N.W. PANKHURST, 1992. Interannual variation in the reproductive cycle of the New Zealand snapper *Pagrus auratus* (Bloch & Schneider) (*Sparidae*). *Journal of Fish Biology*, 41: 685-696.
- SHAPIRO, D.Y., 1984. Sex reversal and sociodemographic processes in coral reef fishes. In: POTTS, G. W. & R. J. WOOTTON (Eds.). *Fish reproduction: strategies and tactics*. London (etc): Academic Press Inc. Ltd., 1984, 410 pp..
- SNEDECOR, G.W. y W.G. COCHRAN, 1989. *Statistical methods*. Iowa State University Press, 1989, 503 pp.
- SPARRE, P., 1987. Computer programs for fish stock assessment. Length based fish stock assessment for Apple II computers. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 101 (Suppl. 2): 218 pp.
- SPARRE, P., E. URSIN and S.C. VENEMA, 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper*, nº 306.1: 337 pp.
- STATISTICAL PACKAGE FOR SOCIAL SCIENCE, 1993. SPSS for windows v.6. SPSS Inc.
- SUAU, P., 1970. Contribución al estudio de la biología de *Lithognathus* (=Pagellus) *mormyrus* L. (Peces, Espáridos). *Inv. Pesq.*, 34 (2): 237-265.
- TANAKA, S., 1960. Studies on the dynamics and the 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.

- VASSILOPOULOU, V., 1989. Some biological parameters on the red porgy, *P. pagrus*, in the Kastelloriza area. *FAO Rapp. Pêch.* 412: 108-115.
- VETTER, E.F., 1988. Estimation of natural mortality rates in fish stocks: a review. *Fish. Bull.*, 86 (1): 25-43.
- VON BERTALANFFY, L., 1934. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Wachstums. 1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. *Roux'Arch. Entwicklungsmech. Org.*, 131: 613-653.
- WALFORD, L.A., 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole*, 90: 141-147.
- WETHERALL, J.A., J.J. POLOVINA & S. RALSTON, 1987. Estimating growth and mortality in steady-state fish stocks from length-frequency data. *ICLARM Conf. Proc.*, (13): 53-74.
- WHITEHEAD, P.J.P., M.L. BAUCHOT, J.C. HUREAU, J. NIELSEN and E. TORTONESE (Eds.), 1986. *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, U.K. Vol. I-III: 1473 pp.
- YAMAMOTO, K., 1956. Studies on the formation of fish eggs. I. Annual cycle in the development of ovarian eggs in the flounder, *Liopsetta obscura*. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser.*, VI, Zool. 12:362-376.
- YAMAMOTO, T., 1969. Sex differentiation. In: W.S. HOAR and D. J. RANDALL, (Eds.). *Fish Physiology*. Vol. 3, pp. 117-175. Academic Press, New York.
- ZAMARREÑO, I., A. VAZQUEZ y A. MALDONADO, 1983. Sedimentación en la plataforma de Almería: un ejemplo de sedimentación mixta siliciocarbonatada en clima templado. In: CASTELLVÍ, J. (Ed.). *Estudio oceanográfico de la plataforma continental. Seminario científico. Cádiz*. Barcelona, 1983.

Bibliografía

ZAR, J.H., 1984. *Biostatistical Analysis*. Second edition. Prentice-Hall, INC., Englewood Cliffs, N.J. 718 pp.

ZUÑIGA, L.R., 1967. Estudio del crecimiento de la boga en el Levante español. *Invest. Pesq.*, 31 (3): 383-418.

MICROFICHAS

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Derechos (*Copyright*)

Mediante el envío del original, el autor o autores aceptan que los derechos (*copyright*) de su artículo sean transferidos al organismo editor de **MICROFICHAS**, si el artículo es aceptado para su publicación, siendo esta transferencia de derechos efectiva desde el momento de dicha aceptación.

El copyright abarca los derechos exclusivos para reproducir y distribuir el artículo, incluyendo separatas, reimpressiones, reproducciones fotográficas o fotostáticas, microformatos, microfilmaciones o cualquier otra reproducción de naturaleza similar, así como traducciones.

La reproducción fotográfica, microfilmada o cualquier otra reproducción del texto, figuras, tablas, etc. de esta publicación está prohibida sin permiso expreso del organismo editor de **MICROFICHAS**, dicho permiso, en cuanto a derechos, no será extensivo a la reproducción para distribución general, para su divulgación o para venta, salvo que así sea expresado por escrito en el permiso de autorización.

El uso de términos descriptivos en general, citando nombres comerciales o marcas registradas, no significa que se posean derechos sobre los mismos, los cuales están protegidos por las leyes vigentes. Tampoco significa que el editor respalde o promocioe dichas firmas o marcas, sino que simplemente se citan por los autores a título meramente informativo.

*By submitting a paper, the author or authors accept transferral of the article's copyright to the publisher of **MICROFICHAS**, if the article is accepted. This copyright transfer is effective from the moment of this acceptance.*

The copyright comprises exclusive rights for the paper's reproduction and distribution, including: offprints, reprints, photographic or photostatic reproductions, microformats, microfilm or any other similar reproduction, as well as translations.

*Reproduction by photocopying, microfilm, or any other method of the text, figures, tables, etc. of this publication is prohibited without the express permission of the publisher of **MICROFICHAS**. This permission, as far as the copyright is concerned, will not extend to reproduction for general distribution or sale, unless so specified in the authorization permit.*

The use of general descriptive terms citing brand names or trademarks does not indicate any ownership of rights regarding them, which is covered by the applicable laws. Use of such terms does not imply that the editor endorses or promotes these companies or brands; the authors cite them for merely informative purposes.



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN

CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 • 28014 Madrid, España

ISSN: 1135-8491 • ISBN: 84-491-0455-6