



BOLETÍN

INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA

ISSN: 0074-0195

Vol. 22 • Núms. 1-4

Págs. 1-118

Madrid, España 2006



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA

BOLETÍN. INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Publicación científica dedicada a las Ciencias Marinas y a la Oceanografía en sus distintas ramas: Biología, Ecología, Geología, Física, Química, Pesquerías, Acuicultura y Contaminación.

Podrán publicarse en **BOLETÍN** artículos de investigación, revisiones temáticas, notas, monografías, simposios y congresos.

Se aceptarán originales en español o inglés, indistintamente.

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

A journal dedicated to the marine sciences and oceanography in their different branches: biology, ecology, geology, physics, chemistry, fishing, aquaculture and pollution.

*Research papers, thematic reviews, notes, monographs, symposia and congresses may be published in **BOLETÍN**.*

Papers are accepted in Spanish or English.

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

La correspondencia relacionada con la publicación de originales y los intercambios de **BOLETÍN**, la petición de información sobre suscripciones y adquisición de números sueltos, y la solicitud de ejemplares debe dirigirse a (*Send correspondence related to the publication of papers and exchange of issues of **BOLETÍN**, and requests for information regarding subscriptions and back issues to:*

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Avda. de Brasil, 31. E-28020 Madrid, España. Tel.: 91-417 54 11. Fax: 91-597 47 70

E-mail: publicaciones@md.ieo.es

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

COORDINACIÓN EDITORIAL (EDITOR)

Concha Mosquera de Arancibia

CONSEJO ASESOR (ADVISORY BOARD)

Javier Pereiro Muñoz. 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 Acuicultura

Pilar Pereda Pérez. Jefa de Área de Pesquerías

BOLETÍN

INSTITUTO ESPAÑOL
DE OCEANOGRAFÍA



Edita (*Published by*): INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA
Avda. de Brasil, 31. E-28020 Madrid, España

ISSN: 0074-0195

Vol. 22 • Núms. 1-4

Págs. 1-118

Madrid, España 2006

Application of different external tagging methods to *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, with special reference to T-bar anchor tags and Petersen disks

L. Fuentes, J. J. Otero, C. Moxica, F. J. Sánchez and J. Iglesias

Centro Oceanográfico de Vigo, Instituto Español de Oceanografía, Apdo. 1552, E-36200 Vigo, Pontevedra, Spain.
E-mails: lidia.fuentes@vi.ieo.es; jjose.otero@vi.ieo.es; covimoxica@inicia.es; javier.sanchez@vi.ieo.es; jose.iglesias@vi.ieo.es

Received November 2003. Accepted May 2005.

ABSTRACT

This paper presents a study on the persistence and effects caused by a wide variety of types of tag (loops, rabbit tags, girths, flexible plastic bands, small darts, Petersen disks, T-bar anchor tags, circular plastic tags, rectangular plastic flags, jewellery pins, commercial badges, and burning with liquid nitrogen) applied to the cephalopod *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, under culture conditions. Preliminary analysis of the results obtained with the different tagging systems indicates that Petersen disks and T-bar anchor tags are the most suitable types. Both provide adequate retention after 1 month (90 % and 80 %, respectively), a maximum persistence of three months, a similar cost, and they are easily recognised externally. However, Petersen disks can produce serious injuries, and require a more laborious insertion process. Therefore, in the final analysis, the insertion of T-bar anchor tags in left arm III can be considered the most appropriate system.

Keywords: *Octopus vulgaris*, tagging, T-bar anchor tags, Petersen disks.

RESUMEN

Aplicación de diferentes métodos de marcado externo a *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 con referencia especial a las marcas de tipo T y a los discos de Petersen

En este trabajo se presentan datos de persistencia y efectos provocados por una gran variedad de estilos de marcas (loops, marcas de conejos, cinchas, cintas plásticas flexibles, lancetas, discos de Petersen, marcas de tipo T, marcas plásticas circulares, banderillas plásticas rectangulares, soportes de bisutería, pines comerciales y quemaduras con nitrógeno líquido) aplicadas al cefalópodo *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 sometido a condiciones de cultivo. Tras una primera revisión de los resultados obtenidos con los diferentes sistemas de marcado se concluye que los discos de Petersen y las marcas de tipo T son los más aconsejables. Ambos muestran una retención adecuada después de un mes (90 y 80 % respectivamente), una persistencia máxima de tres meses, un coste similar y ambos son detectados externamente con facilidad. Sin embargo, los discos de Petersen producen heridas considerables y requieren un proceso de inserción más laborioso, por lo que, finalmente, el sistema considerado más adecuado fue la inserción de marcas de tipo T en el brazo III izquierdo.

Palabras clave: *Octopus vulgaris*, marcado, marcas de tipo T, discos de Petersen.

INTRODUCTION

The experiments described in this article took place within the research project titled ‘Tagging and release of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, paralarvae and juveniles’ (CYTMAR 97-0323) and were developed at the Instituto Español de Oceanografía (IEO) in Vigo (northwest Spain). The main goal of this project was to determine the most efficient tagging systems for *O. vulgaris* paralarvae and juveniles. The first phase, on efficient internal tagging for paralarvae, has been described by the authors in a previous article (Fuentes, Iglesias and Moxica, 2000), where a chemical tagging method for statoliths with alizarin complexone was used. The present paper focuses on experiments performed using external tagging in octopus sub-adults, in order to determine the most efficient tagging technique.

There is considerable literature on finfish tagging (e.g., Nielsen, 1992; Sánchez-Lamadrid, 2001), but there are far less publications related to cephalopods, and more specifically, to the common octopus *O. vulgaris*. Especially noteworthy is the compilation made by Nagasawa, Takayagani and Takami (1993), presenting data published in Japan between 1927 and 1990 on 14 cephalopod species. Cephalopod tagging has also been indirectly addressed in other publications, such as Sakurai *et al.* (1993) and Gonçalves *et al.* (1995), who worked with *Todarodes pacificus* (Steenstrup, 1880) and *Loligo forbesi* (Steenstrup, 1856) respectively. Taki (1941), Inoue, Hamaguchi and Li (1953), Katayama and Morita (1960) showed the difficulties inherent in tagging *O. vulgaris* since, despite having used metal plaques, heat burning, wires and different colorants (methylene blue, neutral red, trypan blue, erythrosine, safranin) on the skin or injected in the muscle, they failed to obtain satisfactory results. Domain, Jouffre and Caverivière (2000) compared *O. vulgaris* growth in tanks with marked wild individuals in Senegalese waters using Petersen disks.

In this article, a detailed description is given of the steps followed to select the most efficient tagging method, as well as the most suitable body area to tag on *O. vulgaris*.

MATERIALS AND METHODS

Capture and acclimatisation of juveniles

Octopus specimens weighing between 0.5 and 1 kg were caught in the Ría de Vigo between 1998

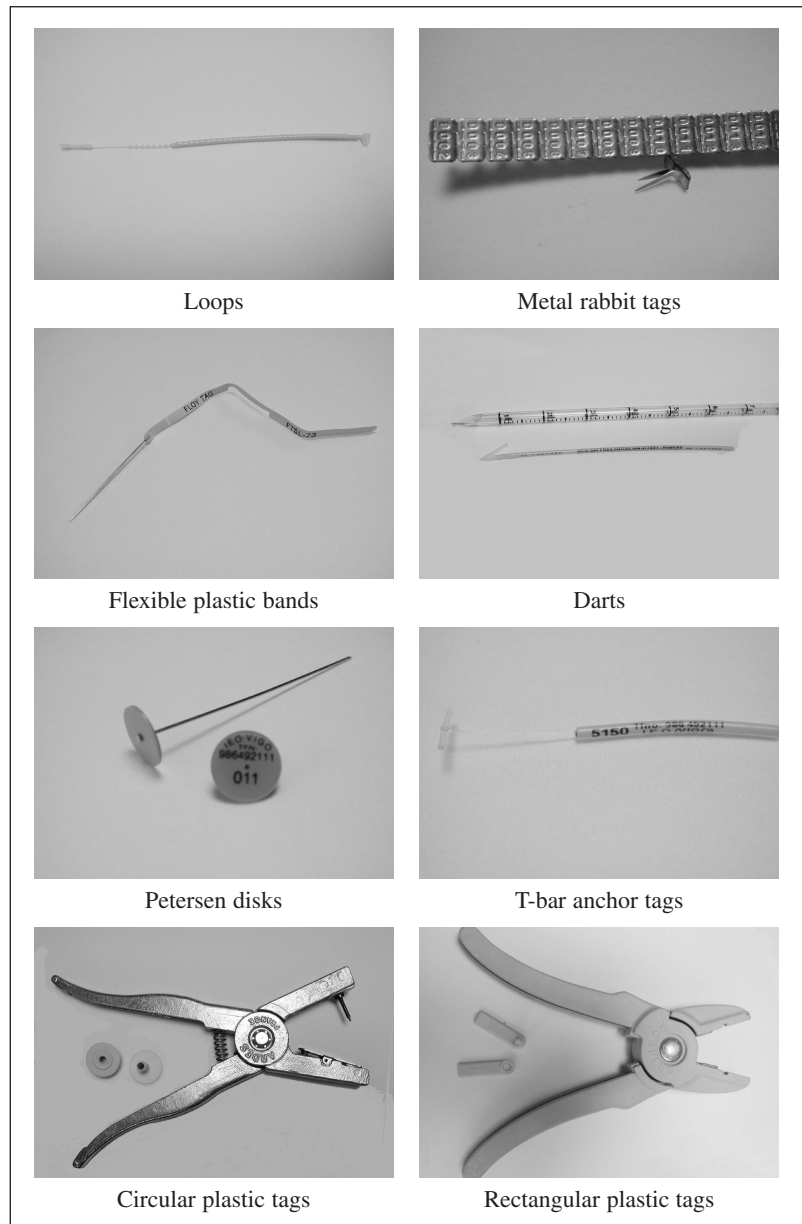
and 2001 by small local fishing boats. They were transferred to IEO facilities in 200 l tanks with properly oxygenated seawater. Before beginning the tagging experiments, the specimens were acclimatised to captivity for one week, following the recommendations on water circuit, type of tank, characteristics of den, etc., given by Iglesias *et al.* (1999). The food given consisted basically of frozen crabs *Carcinus maenas* L., 1758 although sporadically the diet was complemented with fish, mainly *Micromesistius poutassou* (Risso, 1826) and mussels *Mytilus* sp.

Types of external tag and their placement

During the first two years (1998 and 1999) a wide range of tags were tested: injected acrylic paint and cold burning with liquid nitrogen, plastic tags (loops, girths, small darts, flexible plastic bands, badges, earrings or jewellery pins, rabbit tags and Petersen disks) and those inserted with a gun (T-type anchor tags or Corplus® circular and rectangular ones). Following is a brief description of each one (some of them are showed in figure 1).

- Loops (Hallprint®, ‘Self-locking loop tags’ series SLA). The ends of this 5" (118.5 mm) plastic cord join in a mechanism which prevents tag loss. These were manually placed in the mantle and arm.
- Metal rabbit tags (Hauptner®). A rectangular numbered plaque (10 mm by 5 mm) with pointed prongs on the base which pierce the structure to be tagged –in our case, the mantle– and once inside are bent into place.
- Small commercial plastic girths, length 100 mm which were fixed round the arms and in the external end of the mantle.
- Flexible plastic bands (Hallprint® ‘Polyethylene streamer tags’, series PST), especially designed for crustaceans (shrimps, crabs, small lobster, etc.). The band pierces the structure to be tagged (mantle) drawn by a needle, which is later withdrawn. The two ends of the bands are free whilst the middle part goes through the structure to be tagged.
- Darts (Hallprint®, ‘Small plastic tipped dart tags’ series PD). They have a hook-like point and are inserted by being placed into a thin tube with a sharp end, which is introduced into the area to be tagged (arms) and then slow-

Figure 1. Different kinds of tags used in the present study



ly withdrawn, making sure that the point of the dart is anchored.

- Petersen disks (Floy Tag & MGF. CO., INC.). The 9/16" (13.3 mm) diameter disks with a central hole are made of vinyl protected against UV; the nickel pins measure 3" (11.1 mm). The system consists of two disks joined by a pin which can pierce any part of the body. The inscription on this type of tag is on the surface of one of the disks and their insertion, unlike the T-bar anchor tags is, completely manual.
- T-bar anchor tags (Hallprint® 'T-bar anchor tags', series TBF-2 fine) are pieces of flexible T-shaped plastic. The short bar of the T (8 mm)

is inserted into the animal's body and the longer bar (35 mm) bears an inscription, which includes the tag number, address and telephone. This tag is inserted using a tagging gun designed by the same company.

- Circular plastic tags (Insvet Corplus®). A system similar to Petersen disks; that is, two plaques of approximately 20 mm diameter, joined by an element which pierces the body structure (mantle), but in this case, the pin is replaced by a larger diameter element. These tags are inserted with a specific applicator.
- Rectangular plastic tags (Corplus®), a tagging system similar to the previous one, but with

the difference that the plaques are rectangular (approx. 30 mm × 10 mm). Their insertion also requires an applicator from the same firm.

- Nitrogen burns were produced by pressing the animal's skin with rods previously submerged in liquid nitrogen. The numbers on the end of the rods are then tattooed on the octopus mantle.
- Others. Other systems were tested such as, ear-ring bases, commercial badges on the edge of the mantle, and even subcutaneous injection with acrylic paint in the arms and mantle.

Most of these (loops, rabbit tags, flexible plastic girths, darts, Petersen disks and T-bar anchor tags) carry an inscription which makes individual tracking possible.

To select the most appropriate tagging place, insertions were made in the mantle and the arms. An experiment was also carried out to determine which arm was the most suitable for use with this type of tags, so tests were made in triplicate on left arms I, II, III and IV.

Preliminary experiments

Throughout 1998 and 1999, numerous tests were carried out, which made it possible to evaluate the degree of retention rate in a wide range of external tags on the species *O. vulgaris*. All these experiments took place in 1 m³ tanks in an open water circuit using 10 specimens per test, and had a duration of 1 month. The tags were those cited in the previous methodology section. In each experiment, calculations were made regarding degree of retention, injuries produced, and maximum persistence, so that at the end of this process, it was possible to select the most suitable tag.

Comparison between T-bar anchor tags and Petersen disks

From the preliminary experiments, the conclusion reached was that the most persistent tags were the T-bar anchor tag and the Petersen disks. Consequently, in 2000-2001, more exhaustive tests were carried out, with the aim of determining the efficiency of each one and finding out which was

the most effective placement.

Before comparing Petersen disks and T-bar anchor tags, another experiment had been designed to select the most suitable arm for tagging, in which 12 octopi were tagged, three replicates each for the I, II, III and IV left arms with Petersen disks in individual 100 l tanks. Right arms were not tested so as not to interfere so as to not interfere with the male reproductive function (as is known, the third right arm, or hectocotylus, is used by males to copulate). This experiment lasted 1 month, and the number of injuries and lost tags were monitored weekly.

To compare Petersen disks and T-bar, the following methodology was used.

To avoid the octopi becoming hyperactive during the tagging process, they were anaesthetised by immersion for 5 minutes in cold seawater (4-5 °C), to which a few drops of ethyl alcohol had been added.

The tests were carried out with 2 replicates for each type of mark, both in the mantle and in left arm III. The experiments had a duration of 1 month and were kept in 2000 l capacity tanks with 10 specimens in each, so a total of 80 specimens were tagged. Weekly, for the period of 1 month, a control was carried out, recording the weight of specimens in each experiment, the number of lost tags and any other kind of observation related to tag evolution (correct fixing, appearance of relevant injuries, etc.). Finally the possible effect of the marking procedure on growth was analysed in both types of tags.

RESULTS

Preliminary experiments

Concerning the different types of marks utilised, it was observed from the first-year results that most of the marks were lost in the first two weeks of the experiments, confirming the difficulty of tagging cephalopods. A brief summary of these results obtained for each system are presented in figure 2. None of the loops lasted more than 9 days. The circular plastic tags (Insvet Corplus®) lasted between 4 and 14 days; only one of them reached 27 days. Only one of the metal rabbit tags remained 6 days joined to the octopus. The octopi freed themselves from the girths very easily, and when this was not

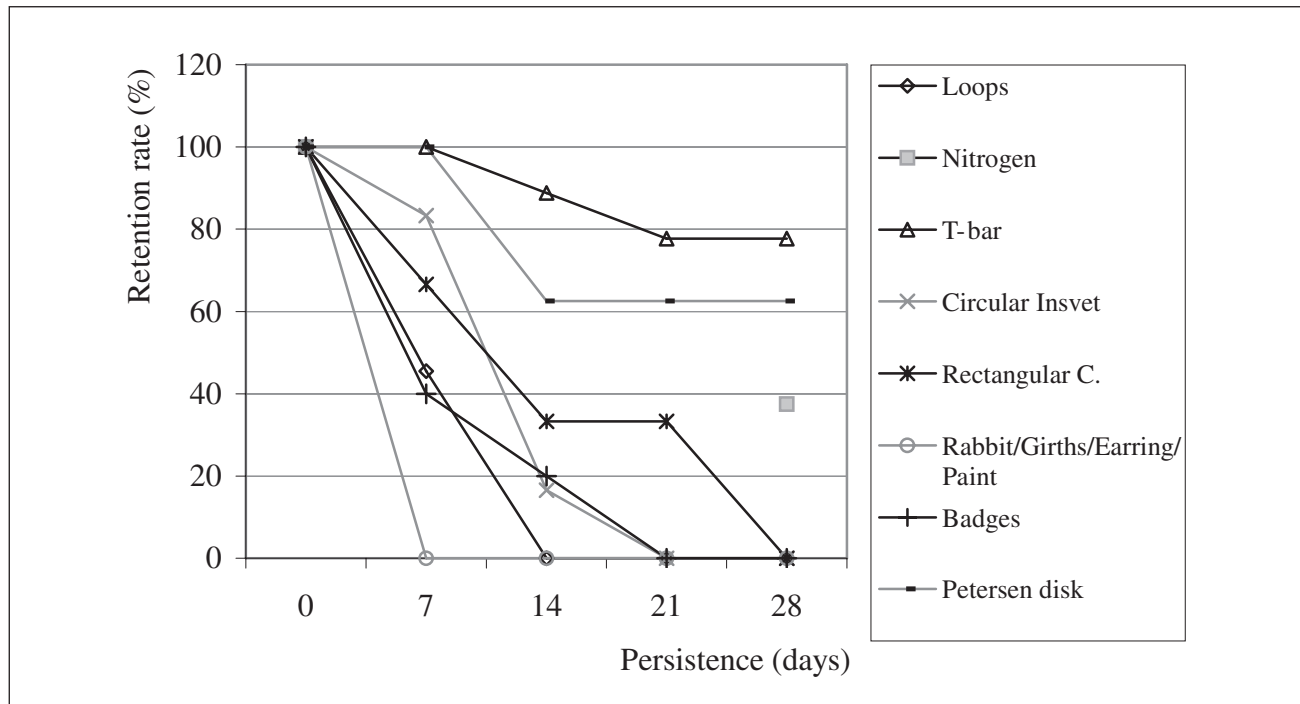


Figure 2. Retention rate (%) for each type of mark from preliminary experiments (1 month long)

the case, they caused considerable injuries where they had been placed. The majority of the badges became unpinned on the same day that they were inserted; one lasted 10 days. The jewellery bases did not survive long, except in one specific case, which lasted 42 days. The paint disappeared almost immediately, leaving no trace. After a month, only 37% liquid nitrogen burns were visible, but their numbers were unreadable; the lack of firmness and scant consistency of octopus muscle, coupled with its capacity for regeneration, make tag retention difficult.

On the other hand, the results of those experiments carried out with T-bar (anchor) tags were most satisfactory, recording a retention rate of 77% after a month (figure 2), and a maximum persistence time of 89 days (data recorded after the 1-month experiment). In the case of the Petersen disks, a similar retention rate (62%) was obtained after a month, compared with the T-bar tags, but wounds soon appeared in the insertion area when Petersen disks were used.

From these results, it was concluded that among all the different types of tags used, the most suitable were Petersen disks and T-bar anchor tags. The study was therefore oriented towards a more detailed comparison between these two types.

Comparative study between Petersen disks and T-bar anchor tags

Evaluation of the most suitable arm

From the 12 individuals marked in left arms I, II, III and IV, only one specimen, specifically one tagged on left arm II, lost its tag before a month had elapsed (figure 3). As the results showed no preference among treatments and retention percentages were similar, left arm III was chosen for future experiments.

Marking effect on growth

Figure 4 shows the mean wet weight observed in the 1-month period of growth for the individuals marked with T-bar and Petersen disk tags. Initial mean weights were 846.5 g for T-bar and 843.6 g for the Petersen disk, reaching final weights of 1 157.9 g and 1 000.3 g, respectively. Growth in weight was adjusted to the following exponential equations:

$$\text{T-bar: } y = 865.49 e^{0.0384x}; R^2 = 0.8897$$

$$\text{Petersen disk: } y = 849.35 e^{0.0773x}; R^2 = 0.9867$$

No significant difference in growth was found between the two groups ($\alpha < 0.05$), indicating that

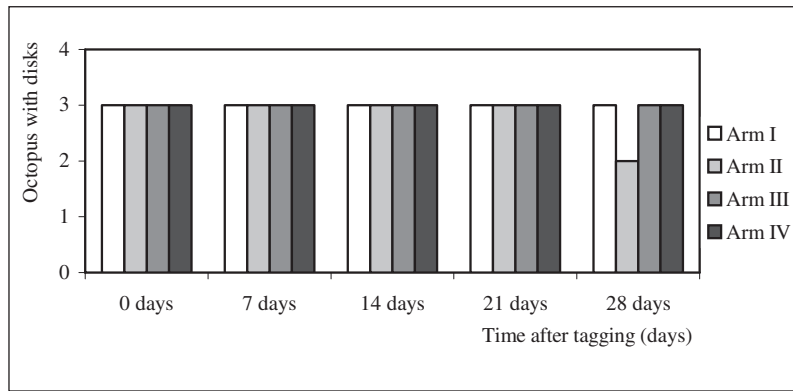


Figure 3. Persistence (days) of the tags placed in different arms (right arms I, II, III and IV)

there was no negative effect of the marking procedure on growth.

Persistence obtained in both types of tags

In figure 5, it can be seen that inserting the tag in the arm was more effective than in the mantle, both with Petersen disks and T-bar anchor tags. Of those markers inserted in the mantle, only one of the 10 disks reached day 28 of the experiment, and all the T-tags were lost during the first week.

Regarding the comparison between the disks and the T-tags using left arm III as a site, average values of 80 % T-tags and 90 % disks remained in place for the 4 weeks of the test (figure 5). Both marks presented a maximum persistence of more than 3 months (data recorded after the 1-month experiment). However, it is necessary to point out that disks caused cuts and other injuries in the insertion area after the first week of the experiment.

DISCUSSION

In this work the great difficulty in tagging cephalopods when compared with fish tagging has been confirmed. Considerable differences exist between the viability of same tagging technique being used with fish and cephalopods. *O. vulgaris* muscle is less firm than that of fish, and therefore tag anchoring is less safe and reliable; nor do cephalopods have no hard structures, such as a backbone, on which to thread the tags. At the same time, the great agility inherent to octopi, along with the whole range of movements they can make with their arms, play a decisive part against any tagging system, since these characteristics enable them to remove their own tags or those of others. All of these factors have complicated considerably the choice of a suitable tag for these animals.

The retention rate and effects on the tagged specimen with regard to survival, injuries and growth, along with difficulties related to application processes and tag detection, are fundamental

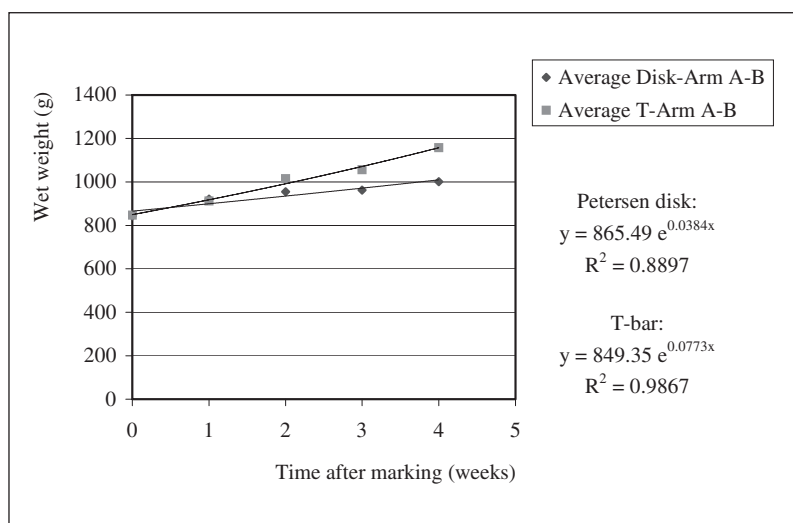


Figure 4. Growth in mean wet weight (g) from individuals marked with Petersen disks and T-bar anchor tags during 1 month

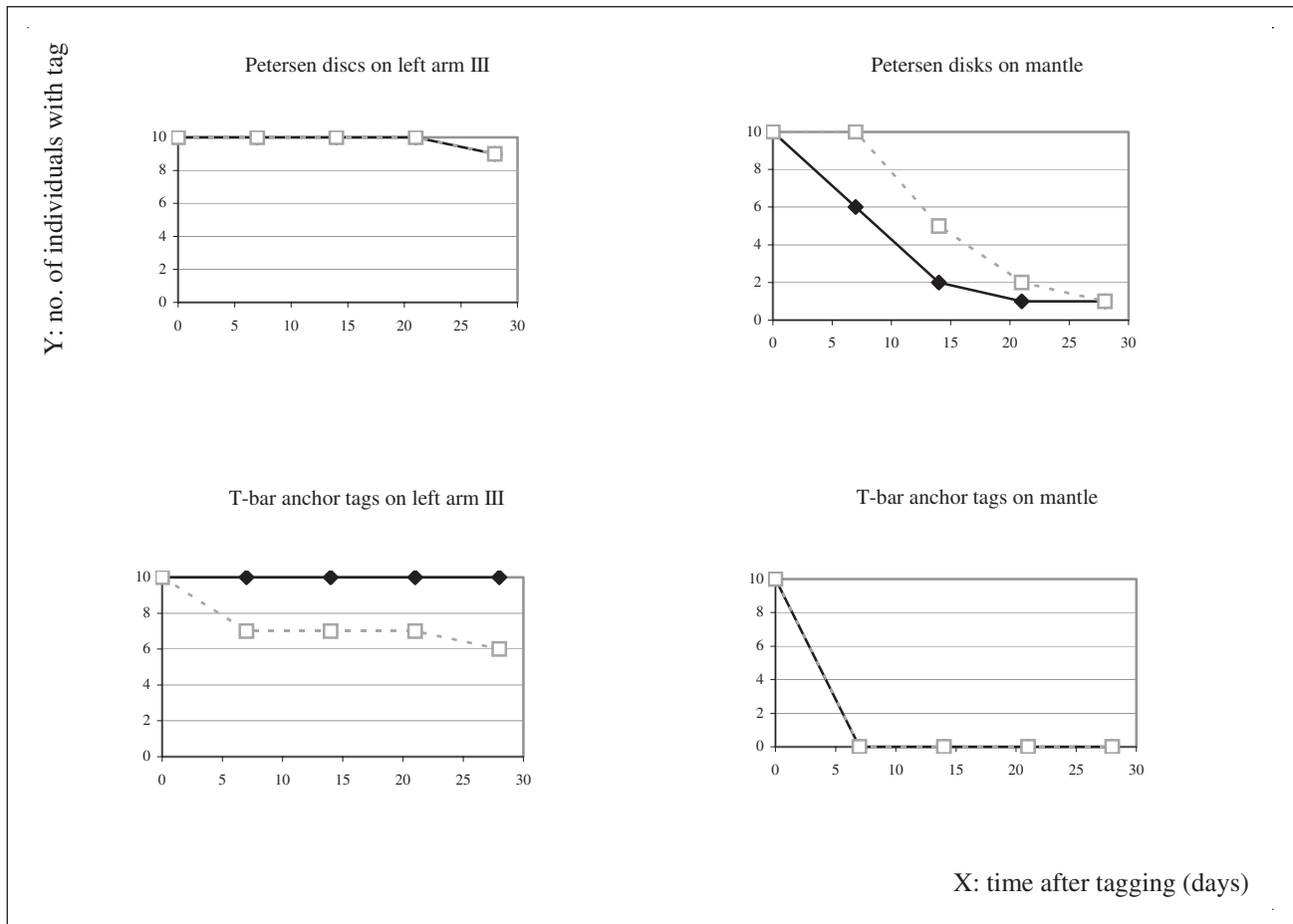


Figure 5. Persistence obtained in a comparative study between Petersen disks and T-bar anchor tags. Replica 1: ◆—; replica 2: -□-

issues to consider when a tagging system is to be chosen for enhancement programmes (Collins, Smith and Heyward, 1994). Each of these aspects was analysed for the tags used in this experiment. Regarding retention rate from preliminary experiments, we had to reject such systems as acrylic paint injections, plastic girths, metal rabbit tags, commercial badges, liquid nitrogen burns, and loops. The maximum persistence for earring bases, circular plastic tags (Insvet) and rectangular flags (Corplus®) was approximately 30 days, but only a very low percentage of these actually lasted that long. In addition, the last two types of tags mentioned caused considerable injuries. Subsequently, only the Petersen disks and the T-bar anchor tags passed this first screening.

Several authors have already dealt with the subject of tagging *O. vulgaris*. Most of these works are by Japanese authors and almost none are recent. Taki (1941) compared the permanence of several types of tags and marks to identify *O. vulgaris* indi-

viduals kept in aquariums. The tags evaluated were pieces of sewn material, metal plaques, removal of a sucker, and dyeing techniques using trypan blue on the dorsal part of the mantle. He observed that the first two systems were easily removed by the animals; the excision of a sucker was only valid during the two months of regeneration, and that trypan blue produced stains which were visible up to six months after application. Inoue, Hamaguchi and Li (1953) maintained that burning is effective for *O. vulgaris*, and attained a 90-day persistence. Regarding this particular tagging system, Katayama and Morita (1960) suggested that the best place for its application is the posterior end of the mantle, because there it is easily and does not change its shape. However, we observed poor retention rates for cold burning. Itami (1964) also showed that 35.7% of the animals tagged in this way died from the effects, but these were particularly small specimens.

Takeda *et al.* (1981) again used trypan blue and detected marks a month after tagging. These same

authors showed that wires used to pierce the mantle or the umbrella were pulled out by the octopi, in most cases in less than 20 days. This fact is agreement with the results of this paper, which clearly stated that better retention rates were obtained when octopi were marked in the arm rather than in the mantle.

Studies carried out more recently by Tsuchiya, Ikeda and Shimizu (1986) examined the effectiveness of a wide range of tags (anchor tag, dart tag, Petersen disks, fingerling tag, metal ring and nylon thread) and dyes (methylene blue, neutral red, erythrosine and saffranine T). They showed that in general, tags (external marks) were not effective, some of them being removed by the arms and others becoming loosened by the injuries caused by the tagging process. On the other hand, the methylene blue and neutral red intramuscular injections under skin of the mantle to form 1-2 cm diameter stains, were successful insofar as persistence was concerned, and hardly affected the tagged animals. This method of individual recognition using dyes could be viable at an experimental level, but it does not permit individual identification of tagged specimens when the intention is to use a tag recognisable to fisherman in an enhancement programme.

In this work, Petersen disks and T-bar anchor tag were the only methods that passed the first screening and provided adequate retention after 1 month (90 % and 80 %, respectively). Both had a maximum persistence of three months and a similar cost; moreover, they are easily recognised externally. Domain, Jouffre and Caverivière (2000) also used Petersen disks in growth studies, and they obtained promising persistence values (up to 177 days). It must be remembered, however, that the disks require a laborious manual insertion process, and that the cuts and other injuries produced can be very serious and increase mortality.

Consequently, we recommended the use of a T-bar anchor tag inserted in left arm III to carry out short-term studies (1-3 months) on the biology and distribution of *O. vulgaris* juveniles in their natural environment.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been carried out with a grant from the Inter-ministerial Commission for Science and

Technology and the Instituto Español de Oceanografía, as part of the CYTMAR 97-0323 project.

REFERENCES

- Collins, M. R., T. I. J. Smith and L. D. Heyward. 1994. Effectiveness of six methods for marking juvenile short-nose sturgeons. *Progressive Fish-Culturist* 56 (4): 250-254.
- Domain, F., D. Jouffre and A. Caverivière. 2000. Growth of *Octopus vulgaris* from tagging in Senegalese waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 80 (4): 699-705.
- Fuentes, L., J. Iglesias and C. Moxica. 2000. Marking octopus (*Octopus vulgaris*) paralarvae statoliths with alizarin complexone. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 80: 553-554.
- Gonçalves, J. M., F. M. Porteiro, F. Cardigos and H. R. Martins. 1995. The Azorean adult squid *Loligo forbesi* in captivity: transport, handling, maintenance, tagging and survival. *International Council for the Exploitation of the Sea. Mariculture Committee C.M. 1995/F:14 Ref. K: 1-15.*
- Iglesias, J., F. J. Sánchez, J. J. Otero and C. Moxica. 1999. Culture of octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier): Present knowledge, problems and perspectives. In: *Recent advances in Mediterranean aquaculture finfish species diversification. Cahiers Options Méditerranéennes* 47: 313-321.
- Inoue, K., A. Hamaguchi and A. Li. 1953. Preliminary mark-and-release experiment of common octopus. *Annual Report. Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station. 1952: p. 123.* (In Japanese.)
- Itami, K. 1964. Marks for common octopus and results of marking experiments. *Suisanzoshoku* 12: 119-125. (In Japanese.)
- Katayama, K. and S. Morita. 1960. Preliminary survey of common octopus. *Annual Report. Okayama Prefectural Fisheries Experimental Station. 1959. p. 32.* (In Japanese.)
- Nagasawa, K., S. Takayagani and T. Takami. 1993. Cephalopod tagging and marking in Japan: a review. In: *Recent Advances in Fisheries Biology*. T. Okutani, R. K. O'Dor and T. Kubodera (eds.): 313-319. Tokai University Press. Tokyo.
- Nielsen, L. A. 1992. Methods of marking fish and shellfish. *American Fisheries Society. Special Publication* 23: 208 pp.
- Sakurai, Y., Y. Ikeda, M. Shimizu and K. Shimazaki. 1993. Feeding and growth of captive adult Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, measuring initial body size by cold anesthesia. In: *Recent Advances in Fisheries Biology*. T. Okutani, R. K. O'Dor and T. Kubodera (eds.): 467-476. Tokai University Press. Tokyo.
- Sánchez-Lamadrid, A. 2001. Effectiveness of four methods for tagging juveniles of farm-reared gilthead sea bream, *Sparus aurata*, L. *Fisheries Management and Ecology* 8: 271-278.
- Takeda, R., S. Karata, K. Nakamoto, T. Nakano, T. Sakai, K. Itami, Y. Sano, S. Nose, N. Mitsuo, T. Yahashi, K. Nakamura, N. Sakai, N. Hamano, T. Doi and T. Kawakami. 1981. Survey of large-scale propagation area in 1980 (Meitan area: common octopus). *Annual Report.*

- Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station. 1980: 359-369. (In Japanese.)*
- Taki, I. 1941. On keeping octopods in an aquarium for physiological experiments, with remarks on some operative techniques. *Venus* 10: 140-156.
- Tsuchiya, H., F. Ikeda and T. Shimizu. 1986. The study on octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier) resource in Tokyo Bay-III. Experiment of marking methods for octopus. *Bulletin. Kanagawa Prefectural Fisheries Experimental Station* 7: 45-53. (In Japanese.)

Efectos de los cambios interanuales en las masas de agua sobre la comunidad de larvas de peces en el estrecho de Gibraltar y la zona noroeste del mar de Alborán (frontera atlántico-mediterránea)

J. P. Rubín ¹, P. Mafalda Jr. ² y C. Sampaio de Souza ²

¹ Centro Oceanográfico de Málaga. Instituto Español de Oceanografía. Apdo. 285. Muelle Pesquero, s/n. E-29640 Fuengirola (Málaga), España. Correo electrónico: jprubin@ma.ieo.es

² Instituto de Biología. Universidade Federal da Bahia. 40210-020. Salvador de Bahía, Brasil. Correos electrónicos: pomafa@ufba.br; chsampaio@ig.com.br

Recibido en julio 2004. Aceptado en septiembre de 2006.

RESUMEN

En el transcurso de las campañas oceanográficas estivales Ictio.Alborán (1991-1997), la zona evaluada experimentó cambios drásticos en las masas de agua presentes durante los años centrales de las mismas (1993 y 1994). Analizamos para ambos años las relaciones entre esos cambios y el ictioplancton larvario ocupante. Con respecto a las estaciones, los resultados muestran notorias sustituciones interanuales, tanto en el taxón dominante (variación en el 74 % de las estaciones) como en la masa de agua (58 %). A escala global, también los dendrogramas reflejan cambios espacio-temporales en las comunidades larvianas neríticas y oceánicas, y muestran zonaciones horizontales diferentes: partición latitudinal en 1993 y longitudinal en 1994. Estos resultados confirman cómo, en la regulación de la estructura y la diversidad de las asociaciones larvianas, los cambios en la hidrodinámica local potencian el efecto de la variabilidad termohalina.

Palabras clave: Ictioplancton, distribución espacio-temporal, larvas de peces, mar de Alborán, estrecho de Gibraltar, masas de agua, verano, julio.

ABSTRACT

Effects of interannual water-mass changes in the community of fish larvae in the Straits of Gibraltar and the northwest Alboran Sea (Atlantic-Mediterranean transition zone)

During the summer Ictio.Alboran surveys (1991-1997), drastic changes in the water masses present in the zone were detected in 1993 and 1994. The present paper analyses the relationships between these changes and larval ichthyoplankton during those years. At the station level, pronounced interannual substitutions were detected in the dominant taxa (74 % variability) and water masses (58 %). On a global level, the clusters also reflect time-space changes in both larvae communities (neritic/oceanic), with a differing horizontal zonation: latitudinal partitioning in 1993 and longitudinal partitioning in 1994. These results confirm how, in regulating the structure and the diversity of larval associations, changes in the local hydrodynamics boost the effect of thermohaline variability.

Keywords: Ichthyoplankton, time-space distribution, fish larvae, Alboran Sea, Strait of Gibraltar, water masses, summer, July.

INTRODUCCIÓN

El estrecho de Gibraltar es una encrucijada de vientos y de corrientes marinas que comunica el Atlántico con el Mediterráneo propiamente dicho. Las aguas oceánicas en el noroeste del mar de Alborán se caracterizan por la presencia del chorro de agua atlántica (AA) entrante y el límite norte de un remolino anticiclónico, con un intenso frente asociado al borde septentrional, y la existencia de zonas de divergencia. Para éstas se han propuesto varios mecanismos de afloramiento (Sarhan *et al.*, 2000) y se han encontrado diferencias en la naturaleza del agua aflorada: surgencias de aguas mediterráneas en el talud (Ballester y Zavatti, 1983) y de aguas atlánticas subsuperficiales (Gil, 1985; Rubín *et al.*, 1992). La referida corriente AA tiene la consideración de motor de toda la dinámica del área, aportando nutrientes (Minas, Coste y Minas, 1984; Rubín *et al.*, 1992; Gil y Gomis, 1994; Gómez *et al.*, 2000) y transportando ictioplancton proveniente del área atlántica (Rubín, Gil y Molina, 1992; Rubín *et al.*, 1992). Las variaciones diarias de presión atmosférica influyen en la variabilidad del flujo del AA a través del Estrecho (Candela, Winant y Bryden, 1989; García Lafuente *et al.*, 1998), y los cambios notables en su velocidad afectan considerablemente a la amplitud y la localización del citado giro anticiclónico (Cheney y Doblar, 1982; García Lafuente *et al.*, 1998; Parada y Cantón, 1998).

De todas formas, la influencia directa del AA sobre la zona noroeste de Alborán generalmente solo afecta hasta el talud, pues en la plataforma y en el sector más nerítico las corrientes locales están regidas principalmente por el viento (Cano y García Lafuente, 1991). En función de la estructura de la marea, la plataforma de esta zona ha sido subdividida en dos sectores –a la altura de Fuengirola (Málaga) (4° 35' O)–, existiendo en el más cercano al Estrecho una notable marea baroclínica, cuya intensidad y propagación están determinadas por el chorro AA y el frente asociado (García Lafuente y Cano, 1994).

Las cambiantes particularidades hidrológicas descritas provocan una gran variabilidad temporal en las condiciones medioambientales y suelen ser responsables de altas concentraciones de pigmentos fotosintéticos en verano (Arias, 1975; Cortés, Gil y García, 1985; Minas *et al.*, 1983), una elevada producción biológica local (Camiñas, 1983; Rodríguez *et al.*, 1994a,b; Rubín *et al.*, 1994, 1997b;

Gómez *et al.*, 2000) y notorias diferencias en las comunidades zooplanctónicas de la zona de divergencia (Rodríguez, García y Rodríguez, 1982). Particularmente, en el referido frente oceánico se han detectado acumulaciones simultáneas de ictioplancton y fitoplancton, nutrientes (nitratos) y partículas de pequeño tamaño (20-50 μm) (Rubín *et al.*, 1992).

Por otro lado, entre la plataforma y el mar abierto se detectaron intercambios de ictioplancton en ambas direcciones, fenómeno favorecido por la estrechez de la plataforma continental en el mar de Alborán (Rubín *et al.*, 1997b). En el presente trabajo se pretende avanzar en la comprensión del citado proceso, estudiando principalmente la influencia de las masas de agua sobre la composición y la distribución de las larvas de peces (de especies costeras y oceánicas) en el área delimitada aproximadamente por las localidades de Tarifa (Cádiz) y Torre del Mar (Málaga).

MATERIAL Y MÉTODOS

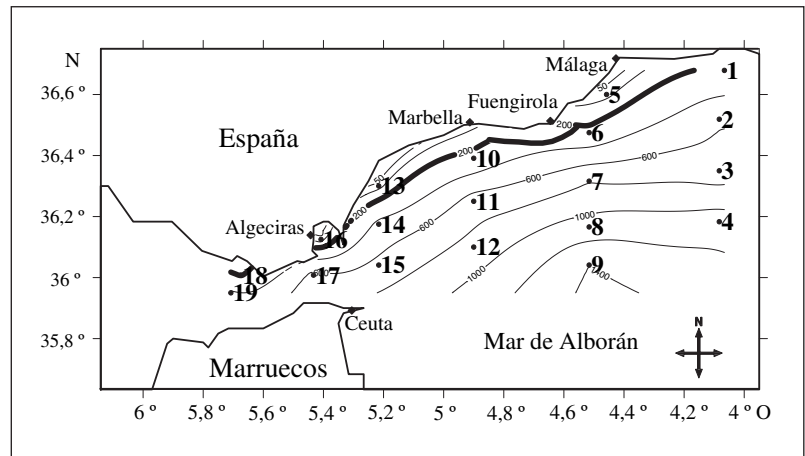
El material de estudio procede de las campañas estivales Ictio.Alborán del Instituto Español de Oceanografía (IEO), realizadas con el B. O. *Francisco de Paula Navarro* en julio de 1993 y julio de 1994. Concretamente, el muestreo de las 15 estaciones del sector Málaga-Estrecho fue más sinóptico en ambos años (5-11 de julio) que el de las cuatro emplazadas en el radial más oriental (4 de julio, 1993/17 de julio, 1994).

Todos los muestreos fueron diurnos. Se empleó una batisonda-CTD Sea-Bird® SBE25 para la caracterización hidrográfica de las estaciones de muestreo, desde la superficie hasta 500 m de profundidad.

Los arrastres planctónicos fueron del tipo doble-oblicuo desde la superficie hasta los 100 m, con una red modelo Bongo 40 dotada de dos flujómetros General Oceanics 2030R y un profundímetro Mega Sport® 140LM. Las muestras se conservaron en formol al 4 %, previamente tamponado con bórax (borato de sodio). Las capturas de la malla de 335 μm se emplearon para la identificación taxonómica del ictioplancton, y los resultados se estandarizaron con el método de Smith y Richardson (1979).

Considerando los resultados preliminares publicados por separado para ambas campañas (Rubín *et al.*, 1997a,b) hemos seleccionado 19 estaciones para el presente trabajo (figura 1), sobre las que se han

Figura 1. Emplazamiento de las 19 estaciones seleccionadas y topografía del fondo. En trazo grueso, la isóbata de 200 m.



realizado diferentes exploraciones de los datos hidrológicos e ictioplanctónicos, subdividiendo los taxones larvarios en neríticos (epipelágicos y bentónicos) y oceánicos (mesopelágicos). Para cada campaña se han realizado dos tipos de dendrogramas, analizando por separado las agrupaciones de las 19 estaciones y los mismos 13 taxones seleccionados. Esos taxones se eligieron teniendo en cuenta los diez más abundantes en ambos años (desechando los de abundancia inferior al 1%) y aquéllos otros que fueron dominantes en alguna estación concreta de cada año (tabla II). Hemos empleado el coeficiente de distancia de Manhattan como medida de la disimilaridad y el método de Ward como algoritmo de agregación (Pielou, 1984). Las matrices de la comunidad se constituyeron de la siguiente forma: en columnas las unidades de muestreo, en filas los taxones larvarios dominantes, y como entradas las abundancias relativas (indiv/10 m²).

Para la nomenclatura de las masas de agua se siguió la que proponen Cano *et al.* (1997) para el

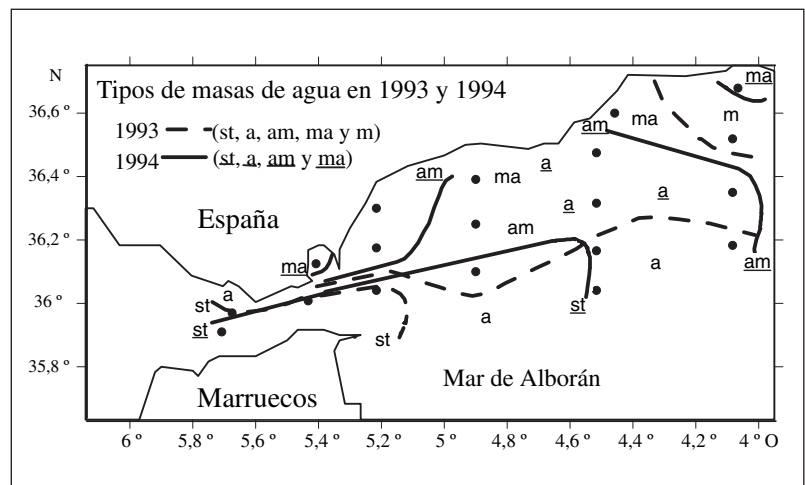
área: st (propia del Estrecho; presencia de Agua Central Noratlántica bajo la capa superficial), a (presencia de una capa de Agua Superficial Atlántica, con salinidad 36,4-36,5), m (Agua Superficial Mediterránea, con salinidad superior a 37,2), ma (con salinidades inferiores a la anterior por la influencia atlántica) y am (intermedia entre ma y a).

RESULTADOS

Masas de agua

En ambos años se produjeron grandes cambios hidrológicos, tanto en el ámbito costero como en el oceánico (figura 2). Sin embargo, la situación que podemos considerar más habitual para la zona de estudio es la observada en 1993: las masas de agua st limitadas al Estrecho y dominio en el mar de Alborán de las aguas de carácter más mediterrá-

Figura 2. Tipos de masas de agua en 1993 y 1994: st (Agua del Estrecho: presencia de Agua Central Atlántica), a (Agua Atlántica: presencia de Agua Superficial Atlántica), m (Agua Superficial Mediterránea: salinidad > 37,3) y aguas de mezcla am (dominio atlántico) y ma (dominio mediterráneo). (Elaboración propia a partir de los datos de Rubín *et al.*, 1997a,b.)



neo (con temperatura y salinidad mayores) en el sector costero y de las de naturaleza más atlántica (menores temperatura y salinidad) en mar abierto, donde se detectó en 1994 una ampliación espacial hacia el Este de la masa de agua st y hacia Este y Noroeste de la del tipo a. El dominio del agua de origen atlántico fue máximo incluso en la zona costera, donde invadió el sector nerítico central (Marbella-Fuengirola) –el más saliente y cercano a las aguas oceánicas–, desplazando hacia los sectores distales las aguas de mezcla (am y ma) y reduciendo la presencia de las más mediterráneas (ma) a dos localizaciones extremas muy distantes entre sí: bahía de Algeciras y Torre del Mar.

El tipo de agua presente en cada estación se especifica en la tabla I, donde se puede comprobar que el cambio interanual fue mayoritario y afectó a 11 estaciones (58 % del total).

Larvas de peces

Abundancia y distribución larvarias por estaciones

Las 19 estaciones mostraron presencia larvaria en ambos años, aunque el rango de abundancia fue más amplio en 1993 (59-6 509 larvas/10 m²; media: 1 581) que en 1994 (80-3 173 larvas/10 m²; media: 1 042).

Se ha identificado el taxón más abundante por años en cada estación (tabla I). Los dos años coincidieron en presentar por separado 10 taxones dominantes. En conjunto, los oceánicos aumentaron ligeramente en 1993 (60 % del total larvario) con respecto a 1994 (50 %). Sin embargo, el cambio interanual del taxón dominante en cada estación fue muy notable y afectó al 74 % de las estaciones. Los mayores cambios en la dominancia afectaron a los cinco taxones costeros, y únicamente dos de ellos (*Sparidae* y *Cepola rubescens* L., 1766) se mantuvieron en ambos años. Por el contrario, la permanencia interanual de los oceánicos fue mayor, manteniéndose cinco de los seis taxones dominantes (*Myctophum punctatum* Rafinesque, 1810 dominó únicamente en 1993).

Composición relativa global

En ambos años se mantuvieron el predominio cuantitativo de las larvas de especies oceánicas (≈ 62,4 % de la captura total) y la semejanza en el número total de taxones (29-30). Más de la mitad de éstos permanecieron los dos años entre los más abundantes (≥ 1 % del total): 16 taxones en 1993 y 18 en 1994.

Considerando el conjunto de taxones más abundantes (tabla II), cinco oceánicos representaron en

Tabla I. Masas de agua frente a larvas de peces dominantes en cada estación. Se especifican las estaciones más costeras (*) y se somborean los taxones neríticos.

Estación	Masas de agua 1993/1994	Larvas dominantes 1993	Larvas dominantes 1994
*1	m/ma	<i>Sparidae</i>	<i>Cepola rubescens</i>
2	m/am	<i>Benthosema glaciale</i>	<i>Benthosema glaciale</i>
3	am/a	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	<i>Mauroliticus muelleri</i>
4	a/a	<i>Capros aper</i>	<i>Hygophum benoiti</i>
*5	ma/am	<i>Blenniidae</i>	<i>Bothidae</i>
6	ma/a	<i>Benthosema glaciale</i>	<i>Mauroliticus muelleri</i>
7	am/a	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	<i>Mauroliticus muelleri</i>
8	a/a	<i>Capros aper</i>	<i>Capros aper</i>
9	a/a	<i>Hygophum benoiti</i>	<i>Hygophum benoiti</i>
*10	ma/a	<i>Cepola rubescens</i>	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>
11	am/a	<i>Myctophum punctatum</i>	<i>Mauroliticus muelleri</i>
12	am/st	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>
*13	ma/am	<i>Callionymidae</i>	<i>Gobiidae</i>
14	am/am	<i>Mauroliticus muelleri</i>	<i>Mauroliticus muelleri</i>
15	st/st	<i>Mauroliticus muelleri</i>	<i>Mauroliticus muelleri</i>
*16	ma/ma	<i>Callionymidae</i>	<i>Gobiidae</i>
17	st/st	<i>Capros aper</i>	<i>Sparidae</i>
*18	st/a	<i>Capros aper</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>
19	st/st	<i>Capros aper</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>

Tabla II. Relación de los 20 taxones más abundantes en 1993 y (o) 1994 ($\geq 1\%$), con indicación de su origen nerítico (N) u oceánico (O) y de su abundancia anual (porcentaje y orden de dominancia). Los 13 taxones seleccionados para los dendrogramas se caracterizan por ser los más abundantes en ambos años (**) y por ser el dominante en alguna estación concreta de cada año (*93 y *94 respectivamente).

Taxones	Origen	1993 (%)	Orden 1993	Orden 1994	1994 (%)
** <i>Hygophum benoiti</i> (Cocco, 1838)	O	14,20	1°	3°	6,26
** <i>Capros aper</i> (Linnaeus, 1758)	O	10,84	2°	6°	3,52
** <i>Benthoosema glaciale</i> (Reinhardt, 1837)	O	7,54	3°	1°	6,72
** <i>Ceratoscopelus maderensis</i> (Lowe, 1839)	O	7,19	4°	4°	4,53
** <i>Mauroliticus muelleri</i> (Gmelin, 1788)	O	3,86	5°	2°	6,57
** <i>Myctophum punctatum</i> (Rafinesque, 1810)	O	3,86	6°	13°	2,07
** Sparidae	N	3,16	7°	12°	2,42
<i>Diaphus holti</i> (Tanning, 1918)	O	2,68	8°	17°	1,03
** Bothidae	N	2,61	9°	7°	3,33
** <i>Cepola rubescens</i> (L., 1766)	N	2,60	10°	5°	3,95
<i>Hygophum hygomii</i> (Lutken, 1892)	O	2,43	11°	24°	0,11
** Callionymidae	N	2,30	12°	9°	2,99
*94 Gobiidae	N	1,54	13°	8°	3,03
<i>Cylothone braueri</i> (Jespersen and Taning, 1926)	O	1,43	14°	23°	0,23
<i>Trachurus</i> spp.	N	1,38	15°	14°	2,02
*93 Blenniidae	N	0,97	16°	16°	1,05
<i>Lampanyctus pusilus</i> (Jonson, 1890)	O	0,65	18°	18°	1,00
*94 <i>Engraulis encrasicolus</i> (L., 1758)	N	0,53	21°	11°	2,78
Labridae	N	0,43	22°	10°	2,97
Serranidae	N	0,32	24°	15°	1,44

1993 el 43,6 % del total larvario –*Hygophum benoiti* (Cocco, 1838), *Capros aper* (L., 1758), *Benthoosema glaciale* (Reinhardt, 1837), *Ceratoscopelus maderensis* (Lowe, 1839) y *Mauroliticus muelleri* (Gmelin, 1788)–. En 1994 esos mismos taxones estuvieron entre los seis más abundantes, aunque disminuyó considerablemente su presencia (al 27,6 %) y cinco neríticos compensaron su descenso: *C. rubescens*, Bothidae, Gobiidae, Callionymidae y Labridae (individualmente 3,9-2,9 % y en suma 16,27 %). En los taxones costeros Labridae y boquerón *Engraulis encrasicolus* (L., 1758), se detectaron grandes cambios interanuales: en 1994 tuvieron una abundancia media del 2,9 % y en 1993 del 0,5 %. Concretamente, en el boquerón también varió la localización de sus valores máximos: durante 1994 en las aguas más atlánticas (al sur y al suroeste) y en 1993 en las más mediterráneas (al norte –bahía de Málaga– y al sureste).

Taxones oceánicos frente a costeros (%) en 1993 (figura 3a) y 1994 (figura 3b)

La amplia distribución espacial de los taxones costeros en 1993 (en las cinco estaciones más neríticas de Alborán y al este del sector oceánico) se redujo considerablemente en 1994, desapareciendo

el agrupamiento de mar abierto y extendiéndose las larvas oceánicas al sector nerítico de Marbella (estación 10). Por ello, la naturaleza de las cuatro especies más abundantes cambió totalmente en esa estación: pasa de ser costera en 1993 (*C. rubescens*, Callionymidae, Gobiidae y Sparidae) a oceánica en 1994 (*C. maderensis*, *B. glaciale*, *M. muelleri* y *Lampanyctus* sp.).

Distribución espacial del número de taxones en 1993 (figura 4a) y 1994 (figura 4b)

Para ambos años, los totales respectivos del número de taxones han sido muy similares (29-30), y respecto a la distribución horizontal los valores mínimos se mantienen en el sector occidental (≤ 10) y los máximos en el oriental (> 16 en la bahía de Málaga y el sector oceánico). Sin embargo, y únicamente en 1994, se creó un pasillo de valores bajos (< 12) entre ambas agregaciones orientales.

Resultados de las asociaciones de los dendrogramas (estaciones y taxones)

Los mismos 13 taxones seleccionados para los dendrogramas de ambos años representaron una

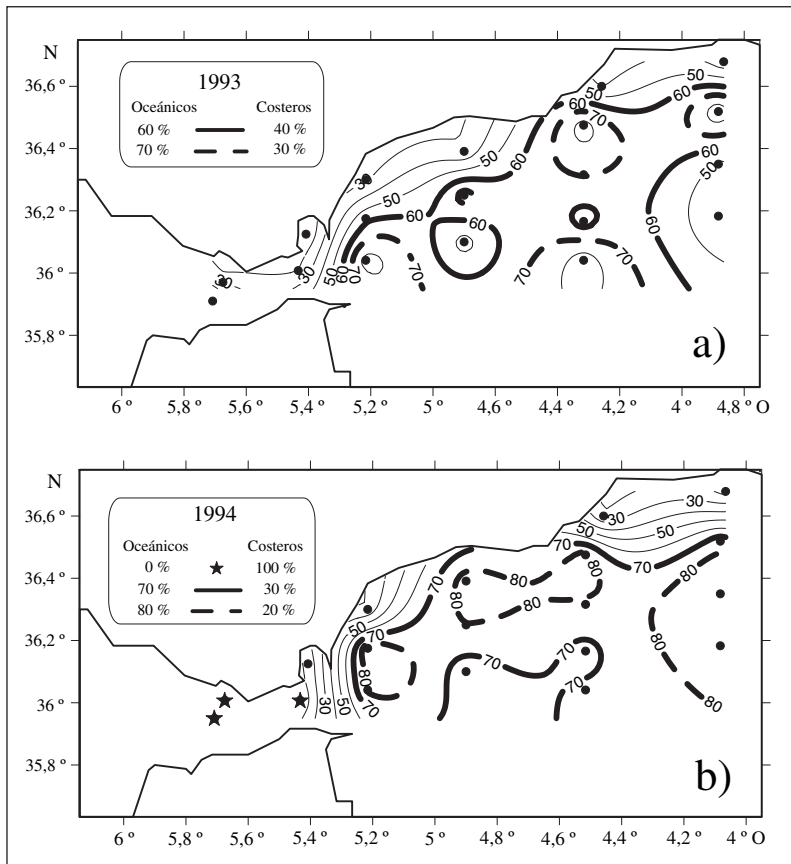


Figura 3. (a): porcentaje de taxones larvarios (oceánicos/neríticos o costeros) en 1993. (b): porcentaje de taxones larvarios (oceánicos/neríticos o costeros) en 1994.

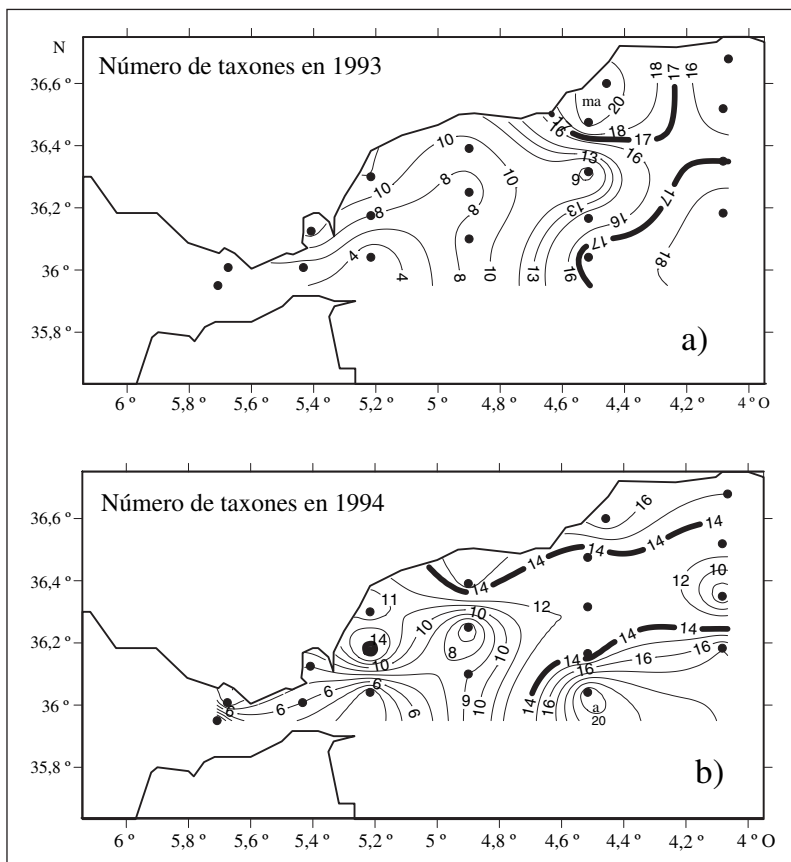


Figura 4. (a): distribución espacial del número de taxones larvarios (oceánicos y neríticos en conjunto) en 1993. (b): distribución espacial del número de taxones larvarios (oceánicos y neríticos en conjunto) en 1994.

abundancia global mas elevada en 1993 (61,2 % del total larvario) que en 1994 (49,2 %).

En 1993 (figura 5a,b) las agrupaciones han reflejado una subdivisión latitudinal del área de estudio en los sectores nerítico (norte) y oceánico (sur). Las cinco estaciones más costeras de Alborán quedaron agrupadas en el sector litoral (figura 5a), donde dominaron los taxones neríticos y éstos estuvieron asociados a las masas de agua más mediterráneas: m (Bothidae y Sparidae) y ma (*C. rubescens*, Gobiidae, Callyonimidae, Blenniidae y *E. encrasicolus*). El sector de mar abierto constituye el caso opuesto, con predominio de los taxones oceánicos, que, con la excepción de *B. glaciale* (ma), se relacionaron con las aguas más atlánticas: st (*C. aper*), a (*H. benoitii*) y am (*C. maderensis*, *M. punctatum* y *M. muelleri*).

Situación muy diferente es la encontrada en 1994 (figura 6a,b), con una mezcla generalizada entre los taxones costeros y oceánicos, reflejada

en los dendrogramas. Éstos demostraron una subdivisión longitudinal del área de estudio en los sectores este y oeste, perpendicularmente a la línea de costa, que dejaba desagrupadas a las cinco estaciones más costeras de Alborán, al agregar las dos más occidentales con la costera del Estrecho (estación 18). Las masas de agua de ese sector occidental se asociaron principalmente a taxones costeros (cinco), con un único oceánico: *M. punctatum* (am). Situación contraria es la del sector oriental, donde las masas de agua albergaron mayoritariamente taxones oceánicos (cinco), con solo dos taxones costeros: Callyonimidae y *C. rubescens* (ma).

DISCUSIÓN

La variabilidad estacional e interanual de las masas de agua en Alborán es un hecho comprobado a es-

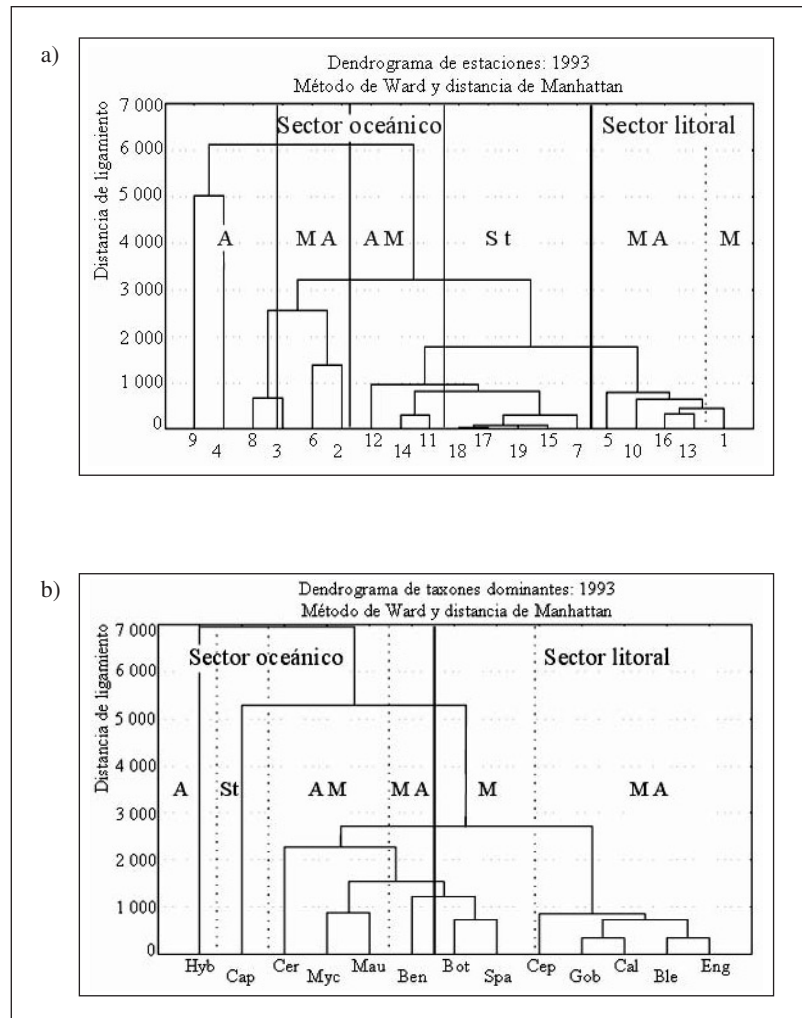


Figura 5. Agrupamientos en 1993 de estaciones (a) y de taxones (b) con indicación de las masas de agua asociadas. (Ben): *Benthosema glaciale*; (Ble): *Blenniidae*; (Bot): *Bothidae*; (Cal): *Callyonimidae*; (Cap): *Capros aper*; (Cep): *Cepola rubescens*; (Cer): *Ceratoscopelus maderensis*; (Eng): *Engraulis encrasicolus*; (Gob): *Gobiidae*; (Hyb): *Hygophum benoitii*; (Mau): *Mauroliscus muelleri*; (Myc): *Myxoptophum punctatum*; (Spa): *Sparidae*.

cala de cuenca (Cano, 1978; Gil, 1990; Rubín, 1997; Rubín *et al.*, 1997a,b). En este trabajo se confirma esa gran variabilidad hidrológica interanual en el dominio de masas de agua y de taxones en la reducida zona de estudio. Sin embargo, en términos globales, se mantuvieron en esta zona la semejanza en el número de taxones (29-30) y la equivalencia en el predominio de los taxones oceánicos (62,4 % de la captura total); predominio probablemente favorecido por la estrechez de la plataforma continental, propiedad que también fomentaría el intercambio larvario entre las comunidades neríticas y oceánicas (Rubín *et al.*, 1997b). Situación opuesta a la encontrada en verano en el golfo de Cádiz, donde la amplia plataforma continental obstaculiza o impide ese intercambio (Mafalda y Rubín, 2006) y favorece la persistencia de determinadas comunidades del holoplancton (Mafalda, Rubín y Sampaio de Souza, en prensa).

A causa de los cambios hidrológicos detectados, la amplia distribución espacial a nivel nerítico de los ta-

xones costeros en 1993 se redujo considerablemente en 1994: las larvas oceánicas irrumpieron en el sector nerítico de Marbella y desplazaron totalmente a las costeras. Por ello se invirtió la naturaleza de las cuatro especies más abundantes en la estación 10, y las costeras *C. rubescens*, Callionymidae, Gobiidae y Sparidae de 1993 se vieron sustituidas en 1994 por *C. maderensis*, *B. glaciale* y *M. muelleri*. Esas tres últimas especies, habituales en la zona, son de naturaleza muy diferente: ártico-boreal (*B. glaciale*), de afloramiento (*M. muelleri*) y templado-subtropical (*C. maderensis*). El hecho de que ésta última fuera dominante en 1993 en el agua atlántica (a), al sur del paralelo 36° N (Rubín, 1997; Rubín *et al.*, 1997b), permite relacionar su presencia en 1994 en el sector nerítico con la irrupción en él de esa masa de agua.

Entre las especies costeras, las larvas de boquerón constituyeron un caso notorio: en 1993 se localizaron en las aguas costeras más mediterráneas (sector más oriental) y en 1994 se encontraban en

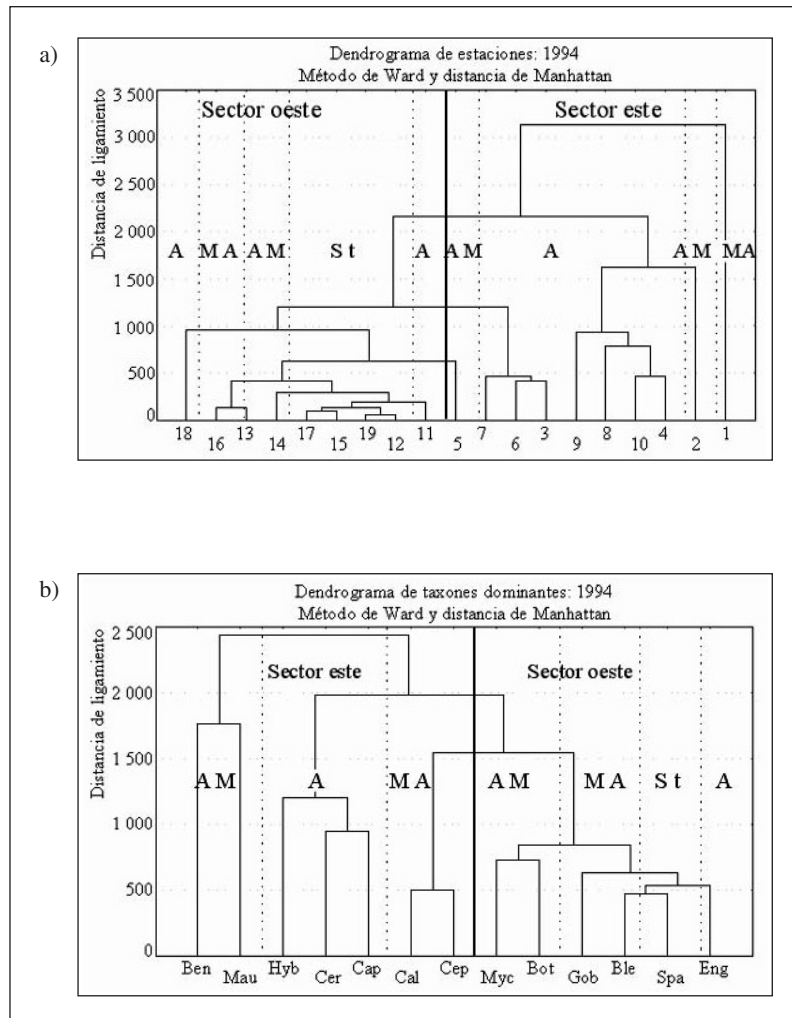


Figura 6. Agrupamientos en 1994 de estaciones (a) y de taxones (b) con indicación de las masas de agua asociadas. (Ben): *Benthosema glaciale*; (Ble): *Blenniidae*; (Bot): *Bothidae*; (Cal): *Callionymidae*; (Cap): *Capros aper*; (Cep): *Cepola rubescens*; (Cer): *Ceratoscopelus maderensis*; (Eng): *Engraulis encrasicolus*; (Gob): *Gobiidae*; (Hyb): *Hygophum benoiti*; (Mau): *Maurollicus muelleri*; (Myc): *Myctophum punctatum*; (Spa): *Sparidae*.

las aguas oceánicas más atlánticas y próximas al Estrecho. Relacionamos esta última circunstancia con el transporte de ictioplancton costero que proporciona el chorro atlántico (Rubín, Gil y Molina, 1992; Rubín *et al.*, 1992) y la acumulación de material biológico propiciada por el frente oceánico (Rubín *et al.*, 1992). A ese transporte a través del Estrecho (año 1994) atribuimos también la importante presencia de otros taxones costeros en aquel sector, responsables de las diferentes zonaciones interanuales reflejadas en los dendrogramas.

AGRADECIMENTOS

A todos los participantes de las campañas Ictio.Alborán-0793 e Ictio.Alborán-0794 y a la CAPES (Ministerio de Educación, Brasil) por la concesión de una beca de estancia posdoctoral (CCE 0007/2003), bajo la dirección de J. P. Rubín, en el Centro Oceanográfico de Málaga (en Fuengirola) del IEO.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, E. 1975. Pigmentos y producción primaria de la campaña Maroc-Iberia I. *Result. Exped. Cient. Buque Oceanogr. Cornide de Saavedra* 4: 101-112.
- Ballester, A. y J. Zavatti. 1983. Aspectos químicos del afloramiento de Alborán. En: *Estudio oceanográfico de la plataforma continental. Resultados del Proyecto 793020 del Comité Hispano-Norteamericano. Seminario interdisciplinar* (15-16 de marzo, 1983. Cádiz, España). J. Castellví (ed.): 334-355. CSIC. Cádiz, España.
- Camiñas, J. A. 1983. Datos preliminares sobre la biomasa zooplanctónica en el sector nordoccidental del mar de Alborán. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 1 (1): 1-18.
- Candela, J., C. D. Winant y H. L. Bryden. 1989. Meteorologically forced subinertial flows through the Strait of Gibraltar. *Journal of Geophysical Research* 94: 12667-12674.
- Cano, N. 1978. Hidrología del mar de Alborán en primavera-verano. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 248 (4): 51-66.
- Cano, N. y J. García Lafuente. 1991. Corrientes en el litoral malagueño. Baja frecuencia. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 7 (2): 59-77.
- Cano, N., J. García Lafuente, A. Hernández-Guerra, J. M.^a Blanco y J. Escánez. 1997. Hidrología del mar de Alborán en julio de 1993. *Publicaciones Especiales. Instituto Español de Oceanografía* 24: 9-26.
- Cheney, R. E. y R. A. Doblár. 1982. Structure and variability of the Alboran Sea frontal system. *Journal of Geophysical Research* 87: 585-594.

- Cortés, M. D., J. Gil y A. García. 1985. General distribution of chlorophyll, temperature and salinity in the NW sector of the Alboran Sea (August, 1982). *Rapp. Comm. Int. Mer Méditer.* 29 (9): 135-136.
- García Lafuente, J. y N. Cano. 1994. Tidal dynamics and associated features of the northwestern shelf of the Alboran Sea. *Continental Shelf Research* 14 (1): 1-21.
- García Lafuente, J., N. Cano, M. Vargas, J. P. Rubín y A. Hernández-Guerra. 1998. Evolution of the Alborán Sea hydrographic structures during July 1993. *Deep-Sea Research I* 45: 39-65.
- Gil, J. 1985. Hidrología de la costa suroccidental entre Motril y Estepona, en marzo de 1982. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 33: 1-7.
- Gil, J. 1990. Hidrografía de la plataforma continental española mediterránea y golfo de León, en mayo-junio de 1988. *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 81: 124 pp.
- Gil, J. y D. Gomis. 1994. Circulación geostrofica, dinámica de mesoescala y fertilización de los niveles superficiales en el sector norte del mar de Alborán. Julio de 1991. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 10 (1): 95-117.
- Gómez, F., N. González, F. Echevarría y C. M. García. 2000. Distribution and fluxes of dissolved nutrients in the Strait of Gibraltar and its relationships to microphytoplankton biomass. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 51 (4): 439-449.
- Mafalda, P. y J. P. Rubín. 2006. Interannual variation of larval fish assemblages in the Gulf of Cadiz (SW Iberian Peninsula) in relation to summer oceanographic conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49 (2): 287-296.
- Mafalda, P., J. P. Rubín y C. Sampaio de Souza. (En prensa). Mesozooplankton composition and distribution in relation to oceanographic conditions in the Gulf of Cadiz, Spain. *Revista UDO Agrícola, Venezuela* 7 (1): 274-284.
- Minas, M., B. Coste, P. Le Corre, H. J. Minas, T. T. Packard y P. Raimbault. 1983. Role de la circulation en mer d'Alboran au voisinage du détroit de Gibraltar, sur le système production-régénération. *Rapp. Comm. Int. Mer Méditer.* 28 (7): 59-61.
- Minas, H. J., B. Coste y M. Minas. 1984. Océanographie du détroit de Gibraltar et des parages annexes. *Le Courrier du CNRS* 57: 10-17.
- Parada, M. y M. Cantón. 1998. The spatial and temporal evolution of thermal structures in the Alborán Sea Mediterranean basin. *Int. J. Remote Sens.* 19 (11): 2119-2131.
- Pielou, E. C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: a Primer on Classification and Ordination*. Wiley. Nueva York: 263 pp.
- Rodríguez, V., B. Bautista, J. M. Blanco, F. L. Figueroa, N. Cano y J. Ruiz. 1994a. Hydrological structure, optical characteristics and size distribution of pigments and particles at a frontal station in the Alboran Sea. En: *The Size Structure and Metabolism of the Pelagic Ecosystem*. J. Rodríguez y W. K. W. Li (eds.). *Scientia Marina* 58: 31-41.
- Rodríguez, V., J. M. Blanco, F. Echevarría, J. Rodríguez, F. Jiménez-Gómez y B. Bautista. 1994b. Nutrientes, fitoplancton, bacterias y material particulado del mar de

- Alborán, en julio de 1992. En: *El ictioplancton y el medio marino en los sectores norte y sur del mar de Alborán, en julio de 1992*. J. P. Rubín (ed.). *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 146: 53-77.
- Rodríguez, J., A. García y V. Rodríguez. 1982. Zooplanktonic communities of the divergence zone in the Northwestern Alboran Sea. *Marine Ecology* 3 (2): 133-142.
- Rubín, J. P. 1997. *El ictioplancton del mar de Alborán. Relación de su distribución espacio-temporal y composición, con diferentes variables ambientales y con la distribución de los peces adultos en el área*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. *Microfichas. Instituto Español de Oceanografía* 11: 237 pp.
- Rubín, J. P., N. Cano, P. Arrate, J. García, J. Escánez, M. Vargas y F. Hernández. 1997a. El ictioplancton, el mesozooplancton y el medio marino en el golfo de Cádiz, estrecho de Gibraltar y sector noroeste del mar de Alborán, en julio de 1994. *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 167: 48 pp.
- Rubín, J. P., N. Cano, V. Rodríguez, J. M.^a Blanco, F. Jiménez-Gómez, J. Rodríguez, J. García Lafuente, F. Echevarría, F. J. Guerrero, J. Escánez, A. Hernández y M. Chbani. 1997b. Relaciones del ictioplancton con la hidrología, biomasa fitoplanctónica, oxígeno disuelto y nutrientes, en el mar de Alborán y estrecho de Gibraltar (julio 1993). *Publicaciones Especiales. Instituto Español de Oceanografía* 24: 75-84.
- Rubín, J. P., J. Gil y M. J. Molina 1992. Relation between ichthyoplankton and geostrophic currents in the vicinity of the Strait of Gibraltar (SW Spain), in July 1991. *Rapp. Comm. Int. Mer Méditer.* 33: p. 309.
- Rubín, J. P., J. Gil, V. Rodríguez, J. M. Blanco, F. Echevarría, J. Rodríguez, F. Jiménez-Gómez y B. Bautista. 1994. Relaciones entre distribución ictioplanctónica, hidrología, biomasa y pigmentos fitoplanctónicos, oxígeno disuelto y nutrientes, en el mar de Alborán (julio 1992). *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 146: 79-87.
- Rubín, J. P., J. Gil, J. Ruiz, M. D. Cortés, F. Jiménez-Gómez, M. Parada y J. Rodríguez. 1992. La distribución ictioplanctónica y su relación con parámetros físico-químicos y biológicos en el sector norte del mar de Alborán, en julio 1991 (resultados de la campaña Ictio.Alborán 0791). *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 139: 49 pp.
- Sarhan, T., J. García Lafuente, M. Vargas, J. M. Vargas y F. Plaza. 2000. Upwelling mechanisms in the northwestern Alboran Sea. *Journal of Marine Systems* 23: 317-331.
- Smith, P. E. y S. L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO. Documentos Técnicos de Pesca* 175: 107 pp.

Estrategia de vida de *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces, Atherinidae) en la laguna costera de Mar Menor (sureste de la península Ibérica)

A. Andreu-Soler¹, F. J. Oliva-Paterna¹, C. Fernández-Delgado² y M. Torralva¹

¹ Departamento de Zoología y Antropología Física. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo, s/n. E-30100 Murcia, España. Correos electrónicos: asun@um.es; fjoliva@um.es; torralva@um.es

² Departamento de Biología Animal. Universidad de Córdoba. Campus Universitario de Rabanales, s/n. E-14071 Córdoba, España. Correo electrónico: balfedec@uco.es

Recibido en octubre de 2002. Aceptado en abril de 2003.

RESUMEN

Se presentan los primeros resultados sobre las características biológicas de *Atherina boyeri* Risso, 1810 en la laguna costera de Mar Menor (37° 38' N, 0° 42' O). Entre noviembre de 1997 y septiembre de 1998 fueron examinados 4241 ejemplares procedentes de muestras obtenidas de capturas comerciales. Las longitudes máximas observadas fueron 94 mm de longitud furcal (L_F) en las hembras y 87 mm L_F en los machos. La determinación de la edad, basada en la lectura de escamas y contrastada mediante los análisis de las distribuciones de frecuencias de tallas, puso de manifiesto que la población está estructurada en cuatro clases de edad (máximo 3+). Las hembras fueron significativamente mayores que los machos en todas las clases de edad. Ambos sexos alcanzan aproximadamente el 56,2 % de su longitud furcal máxima en su primer año de vida, tras el cual la tasa de crecimiento anual decrece rápidamente, probablemente porque la mayor parte de la energía es destinada a la reproducción. Los coeficientes de crecimiento de Von Bertalanffy para todos los individuos fueron $L_\infty = 83,56$ mm, $k = 0,86$ años⁻¹ y $t_0 = -0,13$ años. La condición somática fue similar en ambos sexos, con un mínimo en junio y máximos en abril y noviembre. En cuanto al ciclo hepático, machos y hembras mostraron un máximo en abril. La proporción de sexos resultó significativamente favorable a las hembras (0,87:1). El periodo reproductor de la especie es dilatado (de marzo a julio), con máximos en abril-mayo.

Palabras clave: Edad, crecimiento, relación longitud-peso, condición somática, ciclo hepático, proporción de sexos, madurez, ciclo gonadal, *Atherina boyeri*, Mar Menor.

ABSTRACT

Life strategy of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces, Atherinidae) in the Mar Menor coastal lagoon (southeastern Iberian Peninsula)

The present study features the first findings on the biological traits of *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the Mar Menor coastal lagoon (37° 38' N, 0° 42' W). A total of 4241 specimens were studied using samples taken from commercial catches obtained between November 1997 and September 1998. The maximum lengths were 94 mm fork length (L_F) in females and 87 mm L_F in males. Age determination based on scale readings and validated by length frequency analyses showed a 3-year life cycle. Females were significantly longer than males in each of the age classes. Both sexes attained approximately 56.2 % of their maximum fork length in their immature first year, after which the annual growth rate dropped quickly, probably because their energy was diverted to reproduction. The Von Bertalanffy growth parameters for all individuals were: $L_\infty = 83.56$ mm, $k = 0.86$ year⁻¹, and $t_0 = -0.13$ year. Somatic condition was similar for both sexes, with a minimum in June and two maxima in April and November. The hepatic cycle peaked for both males and females in April. The overall sex ratio was 0.87:1 in favour of females. The reproductive period of the species is protracted (March to July), with maxima in April-May.

Keywords: Age, growth, length-weight relationship, somatic condition, hepatic cycle, sex-ratio, maturity, gonadal cycle, *Atherina boyeri*, Mar Menor.

INTRODUCCIÓN

Atherina boyeri Risso, 1810 es una especie íctica de pequeño tamaño perteneciente a la familia Atherinidae. Se caracteriza por ser muy eurihalina, y habita principalmente en aguas próximas a la costa y estuáricas, incluyendo lagunas costeras, marismas y, más raramente, aguas continentales; se adapta a un amplio rango de salinidades, desde condiciones dulces a hipersalinas (máximo registrado: 110) (Henderson y Bamber, 1987). Presenta un amplio rango de distribución, encontrándose en toda la cuenca mediterránea y mares adyacentes, así como en la costa atlántica europea (Quignard y Pras, 1986). Tal amplitud de distribución está relacionada con la gran plasticidad fenotípica que posee la especie en relación con la adaptación a una alta variabilidad de características ambientales. En la actualidad se dispone de una abundante producción bibliográfica sobre la taxonomía y la variabilidad morfológica de *A. boyeri* (por ej.: Marfin, 1982; Henderson y Bamber, 1987; Creech, 1991; Focant, Rosecchi y Crivelli, 1999); sin embargo, en otros aspectos, como la biología y la ecología de la especie, la falta de información, especialmente respecto a la península Ibérica, es notable (Fernández-Delgado y Hernando Casal, 1982; Sostoa, 1983; Fernández-Delgado *et al.*, 1988).

Esta escasez de estudios contrasta con el elevado interés pesquero que la especie depierta en todo el litoral mediterráneo y con la importancia que manifiesta como presa preferencial en el régimen alimenticio de especies como *Dicentrarchus labrax* (L., 1758), *Dicentrarchus punctatus* (Bloch, 1792) y *Sparus aurata* L., 1758 (Drake y Arias, 1989) en la cadena trófica de ambientes litorales (Arias y Drake, 1990). En relación con su importancia pesquera, en la laguna costera de Mar Menor (sureste de la península Ibérica) las capturas de *A. boyeri* se han triplicado en un periodo de tres años (1998-2000) y ha pasado a ser una de las especies comerciales de mayor interés en la zona. El efecto que la actividad extractiva debe estar ejerciendo sobre las fases vitales de la especie en la laguna (Vizcaíno, 1997) aumenta la importancia de este estudio, ya que se aportan los primeros datos sobre la biología de la especie en Mar Menor. El objetivo del trabajo fue determinar, durante un ciclo anual, la estrategia de crecimiento, la condición somática y la reproducción de la población de *A. boyeri* que es ex-

plotada de forma intensiva en la laguna. Los resultados obtenidos deben ser convenientemente utilizados para lograr una gestión autosostenible de la especie.

ÁREA DE ESTUDIO

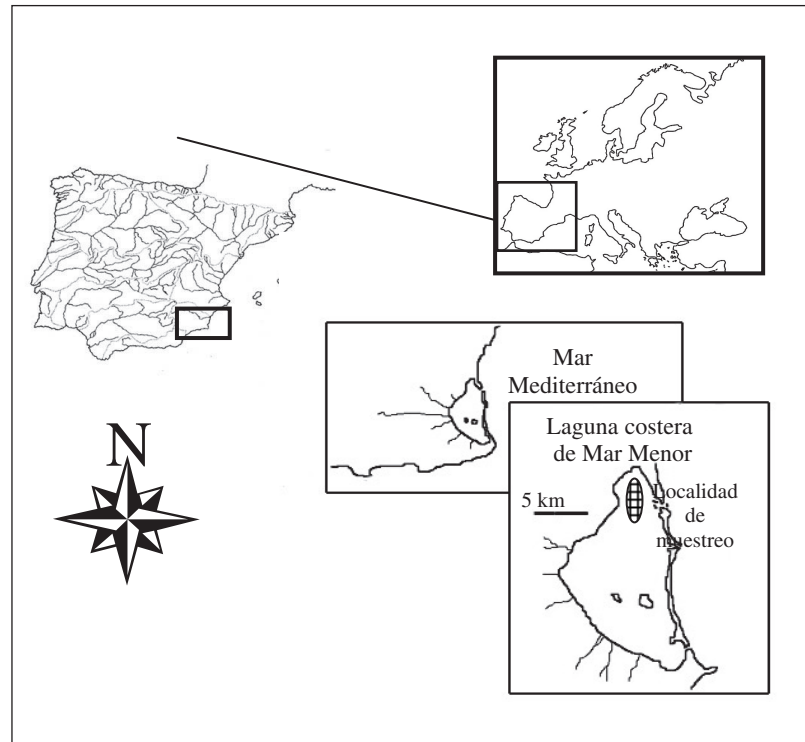
La laguna costera de Mar Menor (Región de Murcia) (figura 1) y los humedales adyacentes a su periferia conforman una de las zonas húmedas litorales de la península Ibérica de mayor importancia internacional (Ramsar Convention, 1996). Sus características climatológicas (elevadas temperaturas medias anuales, escasez de precipitaciones, alta insolación e intensa evaporación) y ecológicas (pocas salidas al Mediterráneo, escasos aportes hídricos continentales, etc.), le confieren una elevada salinidad y acusados contrastes térmicos en sus aguas entre invierno y verano (Pérez-Ruzafa *et al.*, 1987). Todo esto hace que su flora y su fauna sean muy particulares, dotándola de un elevado interés científico.

El área de procedencia de los ejemplares examinados en este estudio está situada en la cubeta norte de la laguna (figura 1). Esta zona está caracterizada por un oleaje moderado, un sustrato con un porcentaje elevado de arenas, tanto finas (30,46 %) como gruesas (32,09 %) (González, 1997), y una salinidad en torno a 44. La flora sumergida de esta zona está constituida, básicamente, por pequeñas manchas de la fanerógama *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, 1869, alternadas con pequeñas manchas de praderas mixtas de *Cymodocea* y *Caulerpa* situadas principalmente en los fondos limosos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el periodo comprendido entre noviembre de 1997 y septiembre de 1998 se llevó a cabo un total de 33 muestreos, 10 de ellos realizados durante la temporada de pesca (1 de octubre - 31 de marzo) con periodicidad quincenal, y los 23 restantes efectuados durante la época de veda (1 de abril - 30 de septiembre) con frecuencia semanal. Para la realización de los muestreos en la época de veda se contó con un permiso especial de pesca científica concedido por la Dirección General de Producción Agraria y de la Pesca de la Consejería de

Figura 1. Localización de la laguna costera de Mar Menor y de la localidad de muestreo del presente estudio.



Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Murcia. Los ejemplares procedentes de las capturas comerciales se obtuvieron en la lonja de Lo Pagán inmediatamente después del desembarco de la flota pesquera. Las capturas se llevaron a cabo con el arte de chirretera, que es un tipo especial de paranza con luz de malla de 11 mm. Este arte consta de una red sencilla llamada travesía y otra red con forma de gancho doble o caracol denominada moruna (ambas de 100 m de longitud). Ésta última, en su zona media, comunica con un cajón denominado paranza, al que van a parar los peces.

Se examinaron en total 4 241 ejemplares (n_T), de los que se tomó, de forma individualizada, la longitud furcal ($L_F \pm 0,1$ mm), la longitud estándar ($L_S \pm 0,1$ mm) y el peso húmedo total ($P_T \pm 0,1$ g); se determinó el sexo y se obtuvieron escamas. En 1 936 de esos individuos (n_D) se tomó además el peso húmedo eviscerado o peso somático ($P_E \pm 0,1$ g), el peso gonadal ($P_G \pm 0,0001$ g) y el peso hepático ($P_H \pm 0,0001$ g).

La determinación de la edad y el análisis del crecimiento se abordaron mediante el estudio de las escamas y de las distribuciones de frecuencias de talla como método de contraste. De cada individuo se extrajo una muestra de 8 a 10 escamas del flanco izquierdo, por encima de la aleta pectoral, entre

el extremo final de ésta y el origen de la primera dorsal, que fueron limpiadas con NaOH (8%) y montadas entre dos portaobjetos. Para su estudio se utilizó un lector de microfilms Canon® con lente de 22 mm. Las clases de edad se determinaron según el criterio de Bagenal (1978), no contabilizándose como *annuli* las marcas que no estuvieran totalmente formadas en el momento de la captura. Dado que muchos ejemplares presentaron las escamas en mal estado (bordes rotos, malformaciones en su estructura...), el total de especímenes de los que se obtuvo una lectura positiva de las mismas fue 1 117 (n_E). Las distribuciones de frecuencias por tallas fueron analizadas para los muestreos agrupados mensual y estacionalmente (sexos por separado), a fin de reducir el efecto que el crecimiento a lo largo del año pudiera estar ejerciendo sobre ellas (Rosenberg y Beddington, 1988). Para atribuir edades específicas a cada una de las modas, así como relacionar en el tiempo los valores modales en el estudio de progresión modal (MPA), se aplicó el método Bhattacharya (1967) mediante la utilización del programa informático FISAT (Fish Stock Assessments Tools) (Gayaniilo, Sparre y Pauly, 1996).

El estudio de las tasas de crecimiento se afrontó a partir del MPA de las distribuciones de frecuencias de tallas (longitud furcal, L_F), de machos y hembras

por separado, en el total n_E de individuos con lectura de escamas válida. De acuerdo con Pauly (1983), la repetición de la serie de las distribuciones de frecuencias agrupadas temporalmente proporciona una mejor visualización de la progresión y permite extrapolar el seguimiento de las cohortes con la suposición de que la población presentará el mismo patrón de crecimiento en años sucesivos.

Para el cálculo de las tasas instantáneas de crecimiento se utilizó el índice específico de crecimiento (en gramos), cuyas fórmulas en términos de longitud y de peso son, respectivamente (Wootton, 1998)

$$g_L = (\log_e L_{F2} - \log_e L_{F1}) / (t_2 - t_1)$$

$$g_P = (\log_e P_{E2} - \log_e P_{E1}) / (t_2 - t_1)$$

donde L_{F2} y P_{E2} son la longitud furcal y el peso eviscerado final respectivamente, L_{F1} y P_{E1} son la longitud furcal y el peso eviscerado inicial respectivamente y t es el intervalo de tiempo. Este índice es expresado con frecuencia en porcentaje por unidad de tiempo. La significación de las tasas de crecimiento obtenidas se analizó mediante el test t de Student para muestras independientes ($P < 0,05$) (Sokal y Rohlf, 1981).

Para la obtención de los coeficientes de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy se utilizó, tanto para cada uno de los sexos por separado como para la totalidad de los individuos, el método de Ford-Walford (Walford, 1946). La expresión de la curva de crecimiento es (Beverton y Holt, 1957)

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

donde L_t es la longitud del pez a la edad t , L_∞ es la longitud asintótica que corresponde al instante t_∞ , k es el coeficiente de crecimiento y t_0 es la edad hipotética en la que el pez tiene la longitud cero.

La relación entre la longitud (L_F , L_S) y el peso (P_T , P_E) se calculó para la totalidad de los ejemplares capturados y para machos y hembras sexualmente maduros por separado, según la siguiente expresión (Wootton, 1998)

$$P = a L^b$$

donde a y b son constantes estimadas por análisis de regresión.

La existencia de posibles diferencias significativas en dicha relación se comprobó mediante análisis

de covarianzas (ancova, $P < 0,05$) (Sokal y Rohlf, 1981). Por otro lado, la existencia o no de diferencias significativas entre el exponente b y el valor 3 de éste, en caso de crecimiento isométrico, se comprobó mediante el test t de Student para una sola muestra ($P < 0,05$).

El estudio de la condición somática se realizó mediante el análisis de los valores residuales estandarizados (K_R) de la relación L_S - P_E . Con este análisis queda minimizado el efecto que la variación de la longitud de los ejemplares en cada uno de los muestreos puede provocar sobre los índices que incorporan dicha variable (Marshall, Jakob y Uetz, 1999; Sutton, Bult y Haedrich, 2000). El análisis de los residuos en la secuencia temporal requiere que la pendiente de la relación L_S - P_E sea homogénea, para lo que fue aplicado un ancova ($P < 0,05$). En este análisis, cuando los datos varían entre 0 y 1, un procedimiento recomendable es la transformación logarítmica y la multiplicación de las variables por potencias de diez (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993).

El ciclo hepático se estudió mediante el análisis temporal de los valores residuales estandarizados (IHS_R) obtenidos de la relación L_S - P_H . El análisis de los residuos en la secuencia temporal fue realizado empleando el mismo procedimiento que el expuesto para la condición somática.

La proporción de sexos se expresa como el cociente entre el número de machos y el número de hembras (*sex-ratio*). Esta razón se calculó para el total n_T de los ejemplares examinados, evaluando las posibles diferencias respecto a la relación 1:1 mediante la prueba χ^2 ($P < 0,05$) (Sokal y Rohlf, 1981). Del mismo modo, se realizó un estudio más detallado de esta proporción en función de la época de captura y la edad de los ejemplares.

La longitud de primera madurez se determinó mediante la relación observada entre el desarrollo gonadal y L_F en los ejemplares machos y hembras. Esta relación fue comprobada por observación directa de las gónadas y, en el caso concreto de los ovarios, se comprobó la existencia de huevos maduros o huevos en estado de maduración.

El estudio del desarrollo gonadal se realizó mediante el análisis de los valores residuales estandarizados (IGS_R) obtenidos de la relación L_S - P_G . El análisis de los residuos en la secuencia temporal se efectuó siguiendo el mismo procedimiento que se ha explicado para la condición somática y el ciclo hepático.

RESULTADOS

Edad y tasas de crecimiento

El número de ejemplares válidos para la determinación de las clases de edad mediante la lectura de escamas fue de 1 117 (57,7 % de n_D). Este método mostró una estructura de tres clases de edad (1+, 2+ y 3+) para ambos sexos (tabla I).

Debido a la selectividad de muestreo, no se capturaron ejemplares 0+, cumpliendo los individuos de menor tamaño una edad mínima 1+ (39 mm L_F en machos y 43 mm L_F en hembras). Los ejemplares de mayor talla capturados alcanzaron 87 mm L_F y 94 mm L_F para machos y hembras respectivamente y eran de la clase de edad 3+. Las hembras mostraron una longitud mayor que los machos en el total de ejemplares y en cada una de las clases de edad por separado (tabla II).

Mediante el análisis de las distribuciones de frecuencias de tallas resultó prácticamente imposible la diferenciación de las modas correspondientes a las clases de edad 2+ y 3+ debido al alto grado de superposición que presentaron (índice de separación: $I_S < 1$, $P > 0,05$). De hecho, mediante el análisis estadístico de las distribuciones polimodales, se encontró solo una separación significativa ($I_S \geq 2$, $P < 0,05$) de dos modas (cohortes).

Para comprobar la similitud entre las distribuciones de frecuencias de tallas presentadas con el total n_D de ejemplares procesados y el total n_E de ejemplares válidos en la lectura de escamas, se aplicó un test χ^2 con la hipótesis nula de ausencia de variación en las proporciones de cada clase de talla, no encontrándose diferencias significativas en ningún caso (total de ejemplares: $\chi^2 = 376,9$, 1 115 g. l., $P > 0,05$; total de machos: $\chi^2 = 141,5$, 517 g. l., $P > 0,05$; total de hembras: $\chi^2 = 245,7$, 597 g. l., $P > 0,05$).

Tabla I. Clave talla-edad para todos los ejemplares, los machos y las hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor. (L_F): longitud furcal; (n): número de ejemplares; (L_{Fm}): L_F media; (Ds): desviación estándar.

Talla L_F (mm)	Total			Machos			Hembras		
	1+	2+	3+	1+	2+	3+	1+	2+	3+
40	2			2			0		
42	4			4			0		
44	19			17			2		
46	38			32			6		
48	50			37			13		
50	60			37			23		
52	94			54			40		
54	93			42			51		
56	69			40			29		
58	58			28			30		
60	56			28			28		
62	26	1		10			16	1	
64	25	3		13	2		12	1	
66	24	16		15	5		9	11	
68	4	25		2	12		2	13	
70	5	53	1	1	31		4	22	1
72	4	65	2	3	31	1	1	34	1
74		57	4		16	4		41	0
76		50	42		11	15		39	27
78		4	48		0	4		4	44
80		2	47		1	12		1	35
82			24			4			20
84			22			2			20
86			9			2			7
88			7			1			6
90			3			0			3
92			0			0			0
94			1			0			1
n	631	276	210	365	109	45	266	167	165
L_{Fm}	54,1	71,5	79,4	53,2	70,8	78,1	55,4	72,0	79,7
Ds	5,9	3,2	3,8	6,2	2,8	3,5	5,3	3,3	3,8

Tabla II. Comparación del tamaño entre machos y hembras para cada una de las clases de edad y el total de ejemplares de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor. (L_{Fm}): L_F media \pm 95 % LC (límite de confianza).

Clase de edad	Hembras L_{Fm} (mm)	Machos L_{Fm} (mm)	F	g. l.	P
1+	55,38 \pm 0,65	53,17 \pm 0,64	22,07	1, 629	< 0,0005
2+	72,04 \pm 0,50	70,79 \pm 0,53	10,63	1, 274	0,001
3+	79,72 \pm 0,58	78,09 \pm 1,05	6,82	1, 208	0,010
Total	66,75 \pm 0,92	59,03 \pm 0,93	133,97	1, 1115	< 0,0005

En la figura 2 se presenta el MPA de las distribuciones de frecuencias por tallas L_F de los individuos del total n_E . El seguimiento estacional de las cohortes se presenta desde la primavera, ya que es entonces cuando la población estudiada de *A. boyeri* forma el *annulus* y, por tanto, el momento en que se debe iniciar el seguimiento de la progresión de cada una de las cohortes para el cálculo de las tasas de crecimiento.

Los coeficientes obtenidos para la ecuación de crecimiento teórico en longitud de Von Bertalanffy se presentan en la tabla III. El coeficiente de crecimiento (k) es mayor en los machos que en las hembras; sin embargo, son éstas las que alcanzan una longitud asintótica mayor. Esto es debido a que las máximas longitudes computadas se corresponden con hembras. El valor de L_∞ está subestimado en ambos sexos debido a la escasez de ejemplares de tallas grandes disponibles a lo largo del periodo de estudio (tabla I).

En la tabla IV se muestran las tasas de crecimiento estacional en longitud (G_L) y peso (G_P) en las cohortes que han alcanzado tasas significativas (1+ y 2+), presentadas en secuencia temporal ordenada para mejor entendimiento del patrón de crecimiento. Machos y hembras de la clase 1+ no reflejaron crecimiento en el transcurso de la primavera al verano. En verano, el crecimiento se reanuda en los dos sexos, manteniéndose similar en ambos hasta el invierno. Finalmente, entre el invierno y la primavera se observó el mayor incremento en longitud y peso de los individuos de cada sexo. La clase de

edad 2+ solo reflejó crecimiento significativo en el periodo comprendido entre el invierno y la primavera, con tasas inferiores a las observadas en la cohorte 1+ para ese mismo periodo.

Las tasas de crecimiento anuales reflejaron una disminución clara del crecimiento con la edad de los ejemplares. En este sentido, para un mismo periodo de análisis, en la cohorte 1+ se observó un crecimiento en longitud del 30 % ($G_P = 98$ %) en machos y el 27 % ($G_P = 88$ %) en hembras, y del 11 % ($G_P = 35$ %) y el 8 % ($G_P = 26$ %) para machos y hembras, respectivamente, en la cohorte 2+.

Relación longitud-peso

Las relaciones obtenidas entre L_S y P_E fueron las que mejor ajuste estadístico presentaron (análisis de regresión, $P < 0,05$) (tabla V).

La comparación entre machos y hembras reflejó la existencia de diferencias significativas en la relación entre L_S y P_E (ancova, factor sexo: $F_{(1, 1934)} = 7,99$, $P = 0,005$ en la pendiente). No obstante, no se obtuvieron diferencias significativas en la secuencia temporal de las mismas por sexos (ancova, factor estación: machos: $F_{(3, 855)} = 1,750$, $P = 0,153$ en la pendiente; hembras: $F_{(3, 1078)} = 2,034$, $P = 0,106$ en la pendiente).

Tanto para la totalidad de individuos como para machos y hembras por separado, se obtuvieron diferencias significativas entre el exponente b y el valor 3 de éste, reflejando, por tanto, un crecimiento alométrico (total: $t = 6,166$, 1932 g. l., $P < 0,0005$; machos: $t = 6,27$, 854 g. l., $P < 0,0005$; hembras: $t = 2,53$, 1078 g. l., $P = 0,046$). A su vez, los machos registraron de forma significativa una pendiente mayor y más alejada de la isometría que las hembras ($t = -4,117$, 1078 g. l., $P < 0,0005$), lo que se traduce en un incremento en volumen más que en longitud de los mismos en comparación con el presentado por las hembras.

Tabla III. Coeficientes de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para los machos, las hembras y el total de ejemplares de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor. (n): número de ejemplares.

	L_∞ (mm)	k (años ⁻¹)	t_0 (años)	n	r^2
Machos	81,90	0,91	-0,45	519	0,88
Hembras	84,58	0,81	-0,61	597	0,89
Total	83,56	0,86	-0,13	1116	0,89

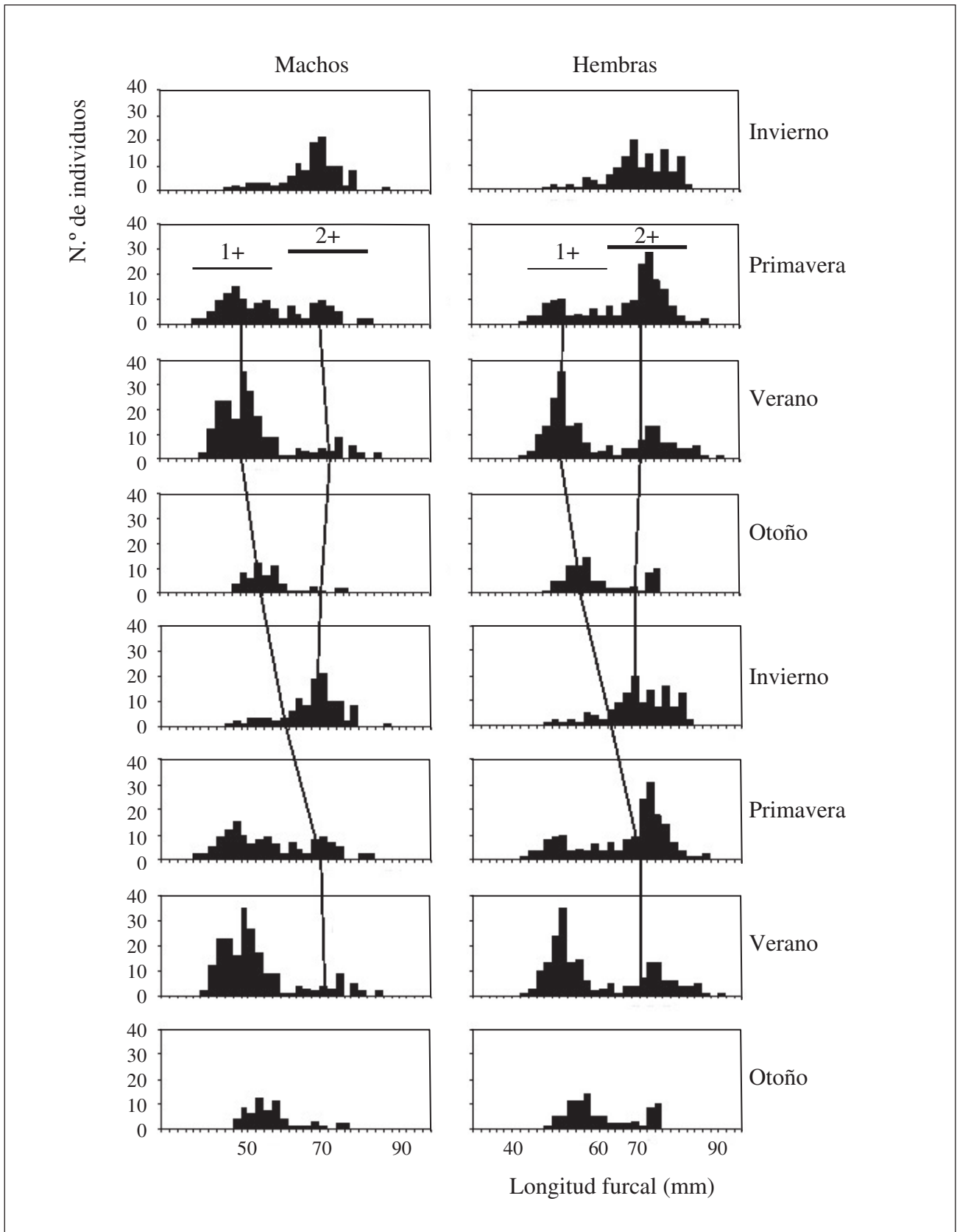


Figura 2. Análisis de la progresión modal de las distribuciones de frecuencias de tallas agrupadas de forma estacional para machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor ($n_E = 1117$). Las medianas para las clases de edad +1 y 2+ han sido conectadas mediante líneas.

Tabla IV. Tasas de crecimiento estacional en longitud (G_L) y peso (G_P) de las diferentes cohortes establecidas para machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor. Se presentan exclusivamente las tasas de crecimiento con diferencias significativas para una misma cohorte entre las diferentes estaciones (t-Student, $P < 0,05$). (*): tasas teóricas –ver texto–.

Cohorte	Primavera-verano	Verano-otoño	Otoño-invierno*	Invierno-primavera
G_L (%)				
Machos				
1+	–	8,53 t = -6,05; 230 g. l.	7,66 t = -4,13; 87 g. l.	16,01 t = -8,01; 63 g. l.
2+	–	–	–	11,25 t = -7,80; 62 g. l.
3+	–	–	–	–
Hembras				
1+	–	7,51 t = -7,02; 121 g. l.	6,18 t = -3,41; 80 g. l.	17,18 t = -12,24; 83 g. l.
2+	–	–	–	9,62 t = -11,56; 122 g. l.
3+	–	–	–	–
G_P (%)				
Machos				
1+	–	27,72 t = -7,52; 230 g. l.	24,89 t = 4,06; 87 g. l.	51,99 t = -7,76; 63 g. l.
2+	–	–	–	36,55 t = -6,86; 62 g. l.
3+	–	–	–	–
Hembras				
1+	–	23,87 t = -7,84; 180 g. l.	19,66 t = 4,02; 80 g. l.	54,63 t = -10,13; 83 g. l.
2+	–	–	–	30,60 t = -10,52; 122 g. l.
3+	–	–	–	–

Condición somática

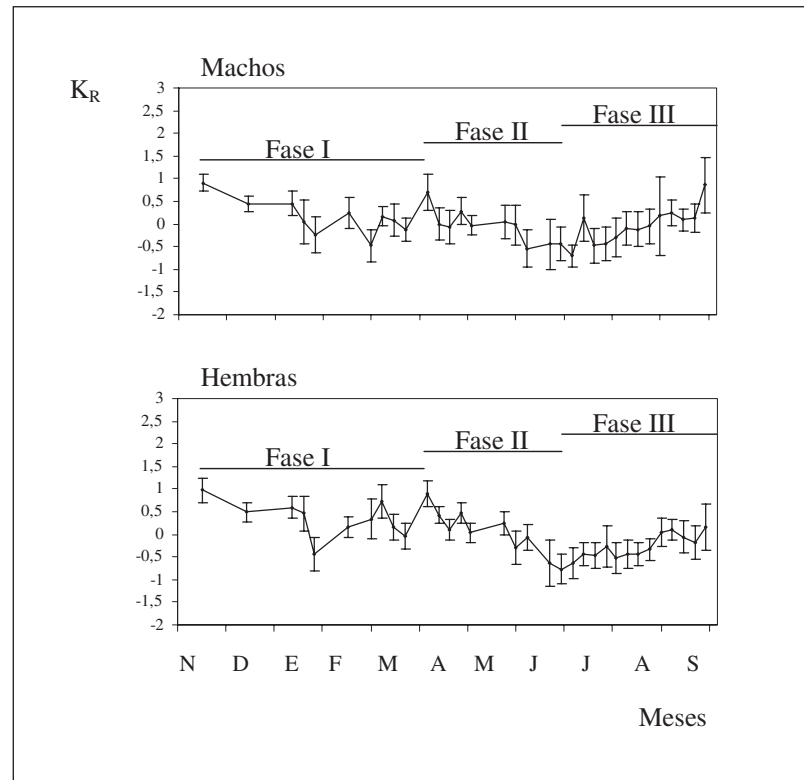
Aunque se observaron diferencias significativas en la variación temporal de la condición de los machos y las hembras (test Kruskal-Wallis; machos: $H = 128,77$, 32 g. l., $P < 0,0005$; hembras: $H = 256,82$, 32 g. l., $P < 0,0005$), ambos sexos mostraron una dinámica similar en el ciclo (correlación de Pearson: $r = 0,714$, $P < 0,01$) (figura 3). El patrón temporal observado permite dividir el ciclo en tres fases: la primera (fase I) tiene lugar desde otoño

hasta primavera, y en ella los valores residuales, aunque varían entre muestreos, presentan una dinámica estable, alcanzando un máximo a comienzos de abril (hembras: $K_R = 0,90 \pm 0,28$; machos: $K_R = 0,70 \pm 0,40$); en la segunda (fase II), que se extiende desde mediados de primavera hasta principios de verano, la condición sufre un decremento importante, alcanzando un mínimo a finales de junio (hembras: $K_R = -0,77 \pm 0,32$; machos: $K_R = -0,70 \pm 0,25$); finalmente, la tercera (fase III), que se produce durante el verano y el otoño, es de

Tabla V. Coeficientes de la relación entre la longitud estándar (L_S) y el peso eviscerado (P_E) de machos, hembras y el total de ejemplares de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor (anova, $P < 0,05$).

Ejemplares	a	b	n	r^2	F	g. l.
Machos	6,25 (10^{-6})	3,113	856	0,971	28 442,9	1, 854
Hembras	8,29 (10^{-6})	3,043	1 080	0,968	32 966,5	1, 1078
Total	7,29 (10^{-6})	3,074	1936	0,974	71 393,6	1, 1934

Figura 3. Variación mensual de la condición somática (K_R) para machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor. Límites de confianza al 95 %.



recuperación de la condición, alcanzando otro máximo en el muestreo de noviembre (hembras: $K_R = 0,97 \pm 0,28$; machos: $K_R = 0,90 \pm 0,19$) (figura 3).

La comparación entre sexos de los valores de la condición en cada una de las fases en que se ha dividido el ciclo muestra que las hembras registraron valores significativamente superiores a los machos durante la fase I de estabilidad; durante la fase II, se observa un decremento mayor en las hembras hasta alcanzar valores similares a los de los machos; finalmente, durante la fase III, los machos presentaron una recuperación más rápida de la condición (tabla VI).

Ciclo hepático

La comparación entre machos y hembras de los valores residuales estandarizados obtenidos de la

relación L_S-P_H reflejó la existencia de diferencias significativas (ancova, factor sexo: $F_{(1, 1935)} = 12,57$, $P < 0,0005$ en la pendiente). Además, se obtuvieron diferencias significativas en la secuencia temporal de los mismos en ambos sexos (ancova, factor estación; machos: $F_{(3, 856)} = 8,12$, $P < 0,0005$ en la pendiente; hembras: $F_{(3, 1078)} = 19,93$, $P < 0,0005$ en la pendiente), y se apreció que tales diferencias eran determinadas por el invierno, ya que en primavera, verano y otoño éstas no fueron detectadas (ancova; machos: $F_{(2, 741)} = 2,15$, $P = 0,115$ en la pendiente; hembras: $F_{(2, 944)} = 1,87$, $P = 0,152$ en la pendiente).

El análisis de los valores residuales en el periodo de estudio mostró la existencia de diferencias significativas en la dinámica temporal del ciclo hepático para cada uno de los sexos (test Kruskal-Wallis; machos: $H = 178,88$, 32 g. l., $P < 0,0005$; hembras: $H = 4876,48$; 32 g. l., $P < 0,0005$). A su vez, machos

Tabla VI. Comparación de la condición somática entre machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor por fases de estudio (anova, $P < 0,05$). (K_{Rm}): K_R medio para cada fase $\pm 95\%$ LC (límite de confianza).

Fases	Hembras K_{Rm}	Machos K_{Rm}	F	g.l.	P
I	$0,45 \pm 0,10$	$0,23 \pm 0,10$	8,35	1,542	0,004
II	$0,11 \pm 0,10$	$-0,04 \pm 0,12$	3,33	1,690	0,068
III	$-0,31 \pm 0,53$	$-0,01 \pm 0,11$	10,94	1,855	0,001

y hembras mostraron una dinámica similar del mismo (correlación de Pearson: $r = 0,647$, $P < 0,0005$) (figura 4). El patrón estacional observado, al igual que en el ciclo de condición, permitió dividir éste en tres fases: en la primera (fase I), que abarca desde el verano hasta el invierno, se observa estabilidad en los valores residuales; en la segunda (fase II), que va desde febrero para las hembras y desde marzo para los machos, se produce un incremento significativo en los valores hasta abril-mayo, cuando se alcanzan los máximos (hembras: $IHS_R = 1,12 \pm 0,24$; machos: $IHS_R = 1,14 \pm 0,42$); y en la tercera (fase III), después de los máximos primaverales, los valores del ciclo sufren un decremento, tras el cual el ciclo se vuelve a estabilizar, presentando valores mínimos en muestreos de verano (junio-julio) (hembras: $IHS_R = -0,81 \pm 0,28$; machos: $IHS_R = -1,02 \pm 0,29$) (figura 4).

La comparación entre sexos de los valores en cada una de las fases en que se ha dividido el ciclo (tabla VI), muestra que los machos registran valores significativamente superiores a las hembras durante la fase I de estabilidad; durante las fases II y III

las hembras presentan valores significativamente superiores a los machos.

Proporción de sexos

La proporción de sexos para el total n_T de ejemplares procesados resultó significativamente favorable a las hembras ($\chi^2 = 19,16$, 1 g. l., $P < 0,05$; 1 978 machos, 2 263 hembras), con la proporción 0,87:1.

Estacionalmente, la proporción de sexos resultó favorable a las hembras en primavera ($\chi^2 = 11,48$, 1 g. l., $P < 0,05$; 0,82:1) y otoño ($\chi^2 = 19,74$, 1 g. l., $P < 0,05$; 0,72:1), sin diferencias significativas de la proporción 1:1 en verano e invierno. En función de la edad de los ejemplares, se observó que para la clase de edad 1+ fue significativamente favorable a los machos ($\chi^2 = 15,54$, 1 g. l., $P < 0,05$; 1,37:1) y significativamente favorable a las hembras en las clases de edad 2+ ($\chi^2 = 12,18$, 1 g. l., $P < 0,05$; 0,65:1) y 3+ ($\chi^2 = 68,56$, 1 g. l., $P < 0,05$; 0,27:1).

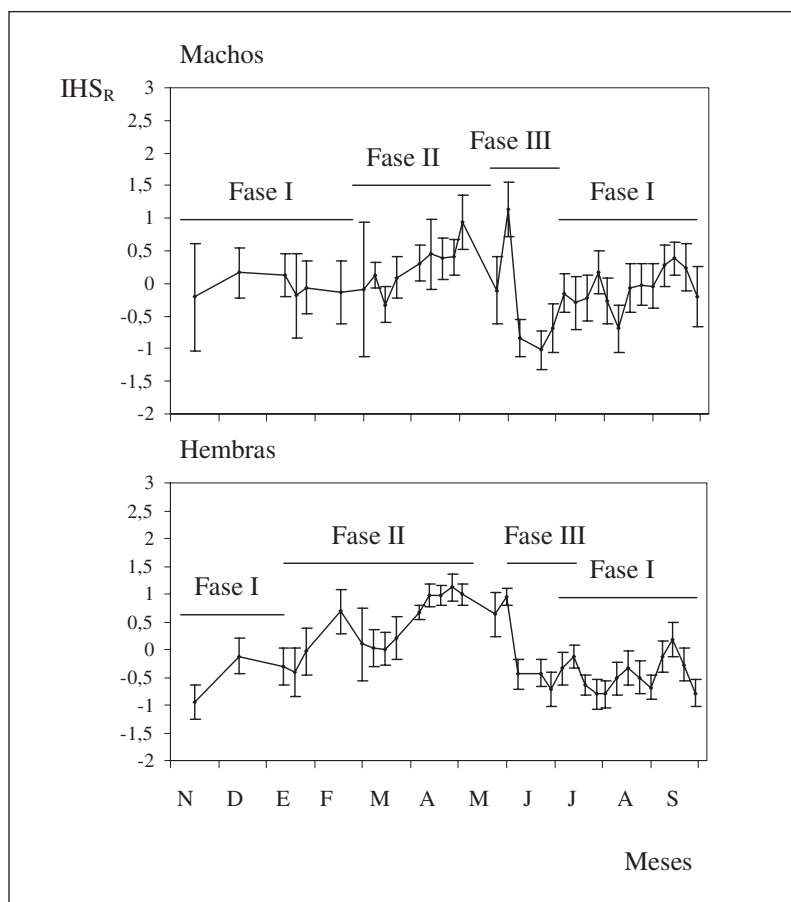


Figura 4. Variación mensual del desarrollo hepático (IHS_R) para machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor. Límites de confianza al 95 %.

Longitud y edad de primera madurez

Todos los ejemplares examinados eran sexualmente maduros. Al no disponer de ejemplares menores de 39 mm L_F , no es posible saber con certeza con qué longitud pasan a ser individuos sexualmente maduros. La hembra y el macho sexualmente maduros de menor longitud analizados en este estudio medían 43 mm L_F y 39 mm L_F respectivamente, ambos capturados en mayo y pertenecientes a la clase de edad 1+.

Ciclo gonadal

La comparación entre machos y hembras de los valores residuales estandarizados obtenidos de la relación L_S - P_C reflejó la existencia de diferencias significativas (ancova, factor sexo: $F_{(1, 1935)} = 12,56$, $P < 0,0005$ en la pendiente). No obstante, no se obtuvieron diferencias temporales significativas por sexos en la pendiente de dicha relación (ancova, factor estación; machos: $F_{(3, 856)} = 1,48$, $P = 0,217$; hembras: $F_{(3, 1078)} = 1,35$, $P = 0,256$), pero sí en el punto de corte (ancova, sin interacción; machos: $F_{(3, 856)} = 269,372$, $P < 0,0005$; hembras: $F_{(3, 1078)} = 297,78$, $P < 0,0005$).

El análisis de los valores residuales en el periodo de estudio mostró la existencia de diferencias significativas en la dinámica temporal del ciclo gonadal para cada uno de los sexos (test Kruskal-Wallis; machos: $H = 606,71$, 32 g. l., $P < 0,0005$; hembras: $H = 678,16$, 32 g. l., $P < 0,0005$); ahora

Tabla VII. Comparación del índice hepatosomático entre machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor por fases de estudio (anova, $P < 0,05$). (IHS_{Rm}): IHS_R medio para cada fase $\pm 95\%$ LC (límite de confianza).

Fases	Hembras IHS_{Rm}	Machos IHS_{Rm}	F	g.l.
I	$-0,49 \pm 0,07$	$0,00 \pm 0,09$	32,74	1,949
II	$0,51 \pm 0,08$	$0,22 \pm 0,10$	17,80	1,815
III	$0,07 \pm 0,15$	$-0,45 \pm 0,20$	16,82	1,259

Tabla VIII. Comparación del desarrollo gonadal entre machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor por fases (anova, $P < 0,05$). (IGS_{Rm}): IGS_R medio para cada fase $\pm 95\%$ LC (límite de confianza).

Fases	Hembras IGS_{Rm}	Machos IGS_{Rm}	F	g. l.	P
Reactivación gonadal	$-0,48 \pm 0,12$	$-0,01 \pm 0,15$	22,561	1, 368	$< 0,0005$
Reproducción	$0,85 \pm 0,05$	$0,84 \pm 0,07$	0,004	1, 689	0,95
Quiescencia	$-0,53 \pm 0,08$	$-0,63 \pm 0,08$	3,494	1, 841	0,06

bien: ambos sexos mostraron una dinámica similar (correlación de Pearson: $r = 0,945$, $P < 0,0005$) (figura 5). Así, machos y hembras presentan una fase de quiescencia que abarca desde finales del mes de julio hasta diciembre, alcanzando un mínimo en el muestreo de noviembre (hembras: $IGS_R = -1,90 \pm 0,15$; machos: $IHS_R = -2,39 \pm 0,26$). En diciembre se detectan pequeños indicios de reactivación gonadal, aunque no se produce un incremento importante de la misma hasta febrero, en que alcanza los valores máximos durante el periodo reproductor en muestreos de abril y mayo (hembras: $IGS_R = 1,06 \pm 0,17$; machos: $IGS_R = 1,38 \pm 0,12$). Tras estos máximos, los valores del índice decrecen significativamente hasta finales de julio, periodo en el que se entra en la fase de quiescencia (figura 5).

La comparación entre sexos de los valores del ciclo gonadal en cada una de las fases en que ha sido dividido muestra que los machos presentan valores significativamente superiores a las hembras durante la fase de reactivación gonadal; sin embargo, durante las fases reproductora y de quiescencia ambos sexos presentan valores similares de forma significativa (tabla VIII).

DISCUSIÓN

La estructura por edades de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor queda conformada por, al menos, cuatro clases de edad para ambos sexos (0+, 1+, 2+ y 3+). Aunque en este estudio no se encontraron ejemplares 0+ por la selectividad del método de muestreo, la presencia de individuos de esta clase de edad en la laguna está confirmada (Andreu-Soler *et al.*, 2000).

Dicha estructura se ajusta al patrón general observado para la especie en otras poblaciones estudiadas (tabla IX). Por otro lado, y al igual que el resto de trabajos realizados sobre la biología de la especie en la península Ibérica (Fernández-Delgado y Hernando Casal, 1982; Sostoa, 1983;

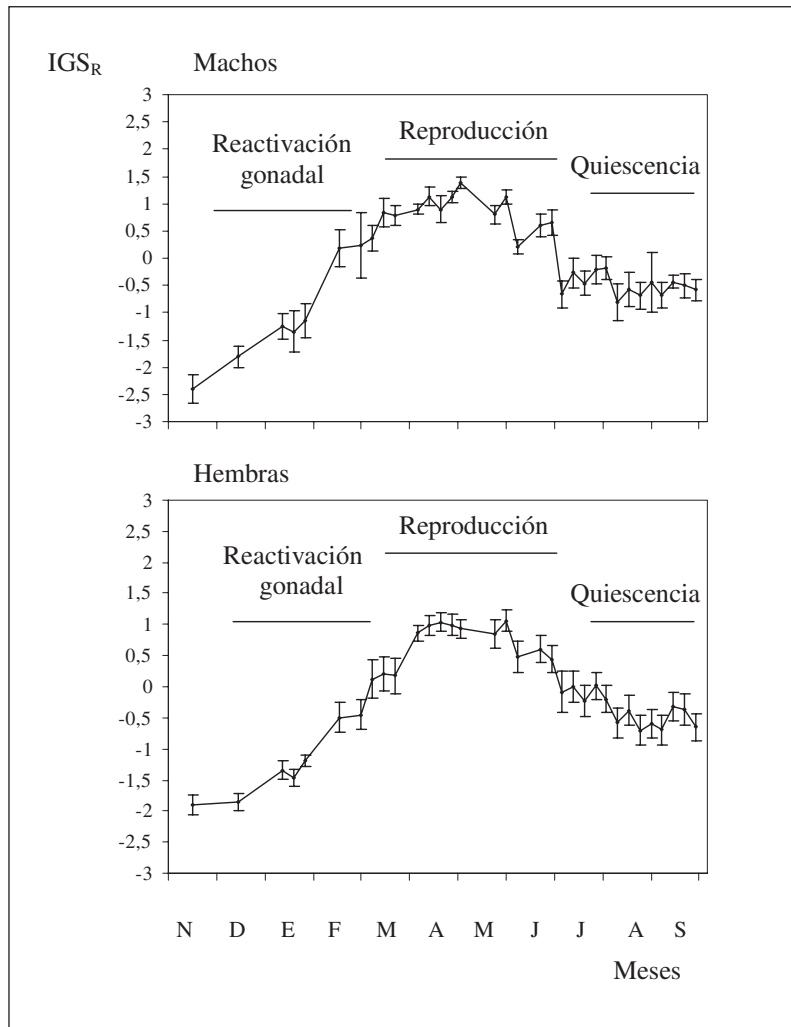


Figura 5. Variación mensual del desarrollo gonadal (IGSR) para machos y hembras de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor. Límites de confianza al 95 %.

Fernández-Delgado *et al.*, 1988), el presente estudio muestra una estructura por edades caracterizada por el decremento en la abundancia conforme aumenta la longevidad de los individuos.

En la población de estudio, la formación de los *annuli* tiene lugar en primavera (prolongándose durante tres meses), coincidiendo con lo apuntado por Marfin (1981), Sostoa (1983) y Fernández-Delgado *et al.* (1988), aunque este último autor observa un periodo de formación más largo (4-5 meses).

Como en otras poblaciones mediterráneas y atlánticas de la especie (por ej.: Kohler, 1976; Sostoa, 1983; Palmer y Culley, 1983), en *A. boyeri* de la laguna costera de Mar Menor la diferenciación sexual en tamaño es evidente, con hembras de talla media significativamente mayor que la de los machos. Los individuos de mayor tamaño capturados en otras localidades miden entre 63 mm L_S , en la Laguna Bardawil (Gon y Ben-Tuvia,

1983), y 190 mm L_S , en las islas Scilly (Henderson y Bamber, 1987). En Mar Menor, la talla máxima observada es 94 mm L_F en las hembras y 87 mm L_F en los machos. Lozano-Cabo (1979) encuentra en la misma área de estudio ejemplares de *A. boyeri* de 111 mm L_F .

Según Henderson y Bamber (1987), *A. boyeri* puede adaptar su biología y morfología a ambientes tan variados como aguas continentales, lagunas con un amplio rango de salinidad y aguas oceánicas, con una tendencia a reducir el crecimiento, y por tanto la talla máxima, a lo largo de un eje océano-costa-estuario-agua dulce. Esta tendencia no se ha observado claramente en las poblaciones de *A. boyeri* de la península Ibérica, pues no muestran un decremento en su longitud máxima entre las poblaciones costeras o estuarínicas (Sostoa, 1983; Fernández-Delgado *et al.*, 1988; presente estudio) y las poblaciones de agua dulce (Fernández-Delgado y Hernando Casal, 1982); no obstante, esta última

Tabla IX. Edad máxima observada para *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor y en otras áreas de su distribución. (h): hembras; (m): machos.

Localidad	Hábitat	Efecto mareal	Edad	Referencias
Laguna Prévost (Francia)	Laguna costera	No	2+	Kohler (1976)
Bahía de Arcachon (Francia)	Franja litoral (bahía)	Sí	2+	Castel, Cassifour y Labourg (1977)
Mar de Aral	Mar interior	No	2+	Markevich (1977)
Langstone Harbour (Inglaterra)	Franja litoral (humedal salobre)	Sí	3+	Palmer (1979)
Fawley (Inglaterra)	Franja litoral (humedal salobre)	Sí	3+	Turnpenny, Bamber y Henderson (1981)
Laguna Salses-Leucate (Francia)	Laguna costera	No	3+	Marfin (1981)
Laguna Canet-Saint-Nazaire (Francia)	Laguna costera	No	2+	Marfin (1981)
Estuario de Bourdigou (Francia)	Estuario	No	2+	Marfin (1981)
Laguna de Zóñar (España)	Laguna de agua dulce	No	2+	Fernandez-Delgado y Hernando Casal (1982)
Delta del Ebro (España)	Delta	No	3+ (h) 2+ (m)	Sostoa (1983)
Oldbury-upon-Severn (Inglaterra)	Estuario	Sí	2+	Palmer y Culley (1983)
Laguna Bardawil (Egipto)	Laguna costera	No	1+	Gon y Ben-Tuvia (1983)
Delta del Po (Italia)	Delta	No	2+	Ferrari y Rossi (1984) Mistri y Colombo (1988)
The Fleet, Dorset (Inglaterra)	Franja litoral (humedal salobre)	Sí	3+	Henderson y Bamber (1986)
Mares Negro y Caspio	Mar interior	No	4+	Henderson y Bamber (1987)
Lago Trasimeno (Italia)	Lago	No	2+	Mistri y Colombo (1988)
Mar Jónico (Italia)	Franja litoral (golfo)	No	2+	Mistri y Colombo (1988)
Estuario del Guadalquivir (España)	Estuario	Sí	2+	Fernández-Delgado <i>et al.</i> (1988)
Laguna Vaccares (Francia)	Laguna costera	No	4+	Rosecchi y Crivelli (1992, 1995)
Lago Trichonis (Grecia)	Lago	No	4+	Economou <i>et al.</i> (1994) Leonardos (2001)
Laguna Mesolongi (Grecia)	Laguna costera	No	3+	Leonardos y Sinis (2000)
Laguna Etolikon (Grecia)	Laguna costera	No	3+	Leonardos y Sinis (2000)
Mar Menor (España)	Laguna costera	No	3+ (h) 3+ (m)	Presente estudio

población muestra un estatus de introducida, con un posible origen marino o estuarínico (Fernández-Delgado, 1987), lo que puede afectar de modo importante a esta propensión.

Las estimaciones de los coeficientes de crecimiento de Von Bertalanffy indicaron que las hembras alcanzan un tamaño asintótico mayor que los machos. Los valores de L_{∞} (81,90 mm L_F para machos y 84,58 mm L_F para hembras), que son menores que las L_F máximas computadas para ambos se-

xos, pueden ser aceptados considerando el bajo número de machos y hembras capturados con L_F superior al tamaño asintótico (Rojas *et al.*, 1993; Megalofonou, 2000).

Varios autores observan los mayores índices de crecimiento de la especie en el primer año de vida (por ej.: Fernández-Delgado *et al.*, 1988; Creech, 1992; Leonardos, 2001); posteriormente, el crecimiento anual disminuye, descenso relacionado con la madurez sexual, ya que una buena parte de la

energía se invierte en la reproducción, dando lugar a una menor disponibilidad de ésta para el crecimiento somático. Esto coincide con lo observado en este estudio.

El decremento con la longevidad observado en las tasas de crecimiento anuales también se observa en el patrón de crecimiento estacional. La cohorte 1+ pone de manifiesto la ralentización del crecimiento en el transcurso de la primavera al verano, periodo en el que *A. boyeri* dedica la mayor parte de su energía al proceso reproductor, como observaron Fernández-Delgado *et al.* (1988) y Henderson y Bamber (1987); tras el desove, el crecimiento se reactiva, alcanzando las mayores tasas en el periodo comprendido entre el invierno y la primavera. La cohorte 2+ solo muestra crecimiento en el transcurso del invierno a la primavera, lo que concuerda con lo observado por Fernández-Delgado (1987), quien no detecta crecimiento tras la primavera debido a la migración posreproductiva y (o) a la muerte. Finalmente, la cohorte 3+ no experimenta crecimiento durante todo el año. Los patrones estacionales de crecimiento pueden estar relacionados con cambios fisiológicos relacionados con la temperatura, la alimentación y el ciclo reproductor (Morales-Nin y Ralston, 1990). Así, el periodo de ausencia crecimiento de la población estudiada está comprendido entre la primavera y el verano, cuando se observa el máximo de la fase reproductora, por lo que los sucesos que tienen lugar en este lapso pueden ser explicados mediante el concepto de esfuerzo reproductor. Esta idea se afianza con la presencia de los valores mínimos de condición somática de la población de estudio en este mismo periodo, lo que puede estar relacionado con el estrés reproductor y la utilización asociada de reservas de grasa (Reznick, 1985).

Por otro lado, al igual que observó Sostoa (1983), los machos de la población de este estudio presentan un mayor incremento en volumen que el mostrado por las hembras. Este hecho probablemente se deba a que las hembras presentan un crecimiento más lento que los machos.

Los cambios en la condición somática de *A. boyeri* en la laguna costera de Mar Menor muestran un patrón similar al observado por Trabelsi y Kartas (1989) en Monastir (Túnez) y Fernández-Delgado *et al.* (1988) en el estuario del Guadalquivir (España). En estas localidades, la condición de los peces varía muy poco en el transcurso de otoño-invierno y declina inmediatamente tras el periodo de

máxima reproducción, fenómeno relacionado con el estrés reproductor (Fernández-Delgado *et al.*, 1988); más tarde, cuando la reproducción finaliza, la condición se incrementa. Esto no ocurre en las lagunas salobres del sur de Francia, donde los cambios en la condición de *A. boyeri* son más acentuados en la estación fría debido a que los peces se tienen que enfrentar a condiciones ambientales más severas y dedican parte de su energía a la supervivencia invernal (Tomasini y Laugier, 2002). Por otro lado, la mejor recuperación de la condición somática en la época posreproductora por parte de los machos podría reflejar un coste energético de la reproducción menor para los machos que para hembras (Rodríguez-Ruiz, 1992).

La pauta observada en el ciclo hepático de *A. boyeri* en Mar Menor también coincide con la observada por otros autores (Markevich, 1977; Trabelsi y Kartas, 1989; Rosecchi y Crivelli, 1992; Tomasini, Collart y Quignard, 1999), con un máximo en abril coincidente con el punto álgido del periodo reproductor. Desde abril hasta el final del periodo reproductor, las reservas del hígado son asignadas, al menos en su mayor parte, a las gónadas, de modo que el peso del hígado va disminuyendo. Este decremento en las reservas del hígado durante el periodo de desove ha sido observado en otras poblaciones de *A. boyeri* (Kohler, 1976; Trabelsi y Kartas, 1989; Rosecchi y Crivelli, 1992; Tomasini, Collart y Quignard, 1999) y en otras especies de peces (Lenhardt, 1992; Fouda, Hanna y Fouda, 1993; Ruchon, Laugier y Quignard, 1993; entre otros). Tan pronto como *A. boyeri* deja de reproducirse, comienza a almacenar reservas en el hígado. Este ciclo de almacenamiento y movilización de lípidos está asociado con el ciclo reproductor (Shul'man, 1974), observándose una relación clara entre el peso del hígado y el del ovario. Durante la reactivación gonadal y la reproducción, las hembras presentan valores residuales IHS_R superiores a los machos, lo que indica que las hembras necesitan invertir más energía en este proceso que los machos. De igual modo, durante la fase de quiescencia, el decremento en los valores es mucho mayor en las hembras, lo que refleja el mayor desgaste sufrido tras la reproducción.

El dominio cuantitativo de las hembras sobre los machos en la población de estudio también coincide con lo observado por otros autores (Marfin, 1981; Fernández-Delgado y Hernando Casal, 1982; Gon y Ben-Tuvia, 1983). La superioridad numérica

de las hembras en la estación reproductora también fue observada por Marfin (1981), quien interpretó el dato como consecuencia de una migración de los machos al medio marino una vez fecundados los huevos. En el presente estudio no se puede afirmar la existencia de migraciones de este tipo, puesto que no se dispone de los datos necesarios para ello; no obstante, resulta una hipótesis interesante para contrastar. Cassifour (1972) habla de una hipotética mortalidad de los machos después de la reproducción, aspecto que también podría estar presente en la población de estudio y guardar relación con el claro dominio de los machos en tallas inferiores, lo cual, a su vez, está correlacionado con las diferentes tasas de crecimiento que presentan ambos sexos (Marfin, 1981).

Puesto que la especie objeto de estudio constituye un recurso pesquero sustancial en Mar Menor, la talla mínima o talla de primera madurez reviste una gran importancia. Atendiendo a este aspecto, es preciso señalar que las luces de malla estipuladas actualmente para la pesca de la especie en la laguna son apropiadas, ya que todos los ejemplares capturados son sexualmente maduros. No obstante, es preciso controlar a lo largo del tiempo este factor tan importante para la pesca sostenible de la especie en la laguna.

Por otro lado, *A. boyeri* presenta un patrón en el ciclo reproductor caracterizado por un desarrollo lento de las gónadas durante el otoño y el invierno que se acelera notablemente en la primavera para la reproducción a finales de ésta y principios del verano. Este periodo reproductor dilatado (4-5 meses) que presenta la población de estudio es similar al obtenido en varios estudios del área mediterránea (por ej.: Marfin, 1981; Sostoa, 1983; Rosecchi y Crivelli, 1992) y mares adyacentes (Markevich, 1977). La extensa duración del periodo reproductor, unida al hecho de que no se produce una caída brusca del índice gonadosomático tras la obtención de sus máximos, apoya la hipótesis de que la especie freza varias veces en el transcurso de un mismo periodo reproductor (Henderson, Holmes y Bamber, 1988; Arias y Drake, 1990).

En relación con la importancia que tiene la especie objetivo del estudio como recurso pesquero, la prohibición de la actividad pesquera en épocas críticas de su ciclo vital puede asegurar una reproducción suficiente para sostener una población piscícola (Agostinho y Gomes, 1997). En Mar Menor,

la veda impuesta para las capturas de *A. boyeri* se extiende desde el 1 de abril hasta el 30 de septiembre, aspecto que puede mejorarse si se incluye el mes de marzo, pues se ha constatado la existencia de hembras reproductoras durante ese mes.

La estrategia de vida de *A. boyeri* en Mar Menor está caracterizada por presentar pocas clases de edad, elevadas tasas de crecimiento durante los primeros años y que disminuyen conforme aumenta la longevidad, madurez temprana que conduce a una senectud prematura, un periodo reproductor dilatado en el tiempo y variaciones estacionales en la condición somática y el desarrollo hepático, características comunes a especies de ambientes productivos y (o) inestables (Stearns, 1976).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría podido realizarse sin el permiso concedido por la Dirección General de Producción Agraria y de la Pesca de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Murcia para continuar el estudio del ciclo biológico durante la época de veda. Queremos también expresar nuestro más cordial reconocimiento a la Cofradía de Pescadores de San Pedro del Pinatar, con un agradecimiento muy especial a D. Andrés Escudero, D. José Antonio Medina y D. José Manuel Sánchez por habernos ayudado en la realización de este estudio, y, finalmente, al conjunto de pescadores que faenan en la laguna por proporcionar los ejemplares estudiados en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agostinho, A. A. y L. C. Gomes. 1997. *Reservatorio de Segredo, bases ecológicas para o manejo*. EDUEM. Maringá, Brasil: 387 pp.
- Andreu-Soler, A., F. J. Oliva-Paterna, C. Fernández-Delgado y M. Torralva. 2000. Datos preliminares sobre la biología de *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces, Atherinidae) en la laguna costera del Mar Menor (Murcia, S. E. de España). En: *X Congreso de la Asociación Española de Limnología y II Congreso Ibérico de Limnología* (junio, 2000. Valencia, España). Asociación Española de Limnología (ed.): p. 213. Cinc Segles. Valencia, España.
- Arias, A. M. y P. Drake. 1990. *Estados juveniles de la ictiofauna en los caños de las salinas de la Bahía de Cádiz*. Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. Junta de Andalucía. Cádiz, España: 163 pp.

- Bagenal, T. 1978. *Methods for assessment of fish production in freshwaters*. Blackwell Scientific Publications. Londres: 365 pp.
- Beverton, R. J. H. y S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fisheries Investigations Ser. II* 19: 533 pp.
- Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* 23: 115-135.
- Cassifour, P. 1972. Contribution à l'étude des Athérines de la région d'Arcachon. *DEA. Université Bordeaux I*: 37 pp.
- Castel, J., P. Cassifour y P. J. Labourg. 1977. Croissance et modifications du régime alimentaire d'un téléostéen mugiliforme: *Atherina boyeri* Risso, 1810, dans les étangs saumâtres du Bassin d'Arcachon. *Vie et Milieu* 27 (3 A): 385-410.
- Creech, S. 1991. An electrophoretic investigation of populations of *Atherina boyeri* Risso, 1810 and *Atherina presbyter* Cuvier, 1829 (Teleostei: Atherinidae): genetic evidence in support of the two species. *Journal of Fish Biology* 39: 807-816.
- Creech, S. 1992. A study of the population biology of *Atherina boyeri* Risso, 1810 in Aberthaw Lagoon, on the Bristol Channel, in south Wales. *Journal of Fish Biology* 41: 277-286.
- Drake, P. y A. M. Arias. 1989. Hábitos alimentarios de estados juveniles de peces en los caños de las salinas de Cádiz. En: *Acuicultura Intermareal*. M. Yúfera (ed.): 249-257. Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. Cádiz, España.
- Economou, A. N., C. H. Daoulas, T. Psarras y R. Barbieri-Tseliki. 1994. Freshwater larval fish from Lake Trichonis (Greece). *Journal of Fish Biology* 45: 17-35.
- Fernández-Delgado, C. 1987. *Ictiofauna del Estuario del Guadalquivir. Distribución y biología de las especies sedentarias*. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba. Córdoba, España: 152 pp.
- Fernández-Delgado, C. y J. Hernando Casal. 1982. Relaciones morfométricas de *Atherina boyeri* Risso (Pisces, Atherinidae) de la Laguna de Zóñar (Córdoba, España). *Doñana. Acta Vertebrata* 9: 13-25.
- Fernández-Delgado, C., J. A. Hernando, M. Herrera y M. Bellido. 1988. Life-history patterns of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the Estuary of the Guadalquivir River, Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 27: 697-706.
- Ferrari, I. y R. Rossi. 1984. Régime alimentaire di *Atherina boyeri* Risso, in una laguna del Delta del Po. *Nova Thalassia* 6 Supl.: 275-280.
- Focant, B., E. Roscchi y A. J. Crivelli. 1999. Attempt at biochemical characterisation of sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces, Atherinidae) populations from the Camargue (Rhône Delta, France). *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B* 122: 261-267.
- Fouda, M., M. Y. Hanna y F. M. Fouda. 1993. Reproductive biology of Red Sea goby, *Silhouetta aegyptia*, and a Mediterranean goby, *Pomatoschistus marmoratus* in Lake Timsah, Suez Canal. *Journal of Fish Biology* 43: 139-151.
- García-Berthou, E. y R. Moreno-Amich. 1993. Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 1394-1399.
- Gayanilo, F. C., P. Sparre y D. Pauly. 1996. The FAO ICLARM Fish Stock Assessment Tools (FiSAT). User's guide. *FAO Computerized Information Series (Fisheries)* 8: 126 pp. FAO. Roma.
- Gon, O. y A. Ben-Tuvia. 1983. The biology of Boyer's sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, in the Bardawil Lagoon on the Mediterranean coast of Sinai. *Journal of Fish Biology* 22: 537-547.
- González, M. 1997. *Variabilidad morfológica y del locus PGI de Cardium glaucum en el Mar Menor (SE de España) y su relación con las condiciones ambientales*. Tesis de licenciatura. Universidad de Murcia. Murcia, España: 149 pp.
- Henderson, P. A. y R. N. Bamber. 1986. Sand smelt in the Fleet. *Porcupine Newsletter* 3 (6): 149-151.
- Henderson, P. A. y R. N. Bamber. 1987. On the reproductive biology of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, and its evolutionary potential. *Biological Journal of the Linnean Society* 32: 395-415.
- Henderson, P. A., R. H. Holmes y R. N. Bamber. 1988. Size-selective overwintering mortality in the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, and its role in population regulation. *Journal of Fish Biology* 33 (2): 221-233.
- Kohler, A. 1976. Observations biologiques et biométriques sur *Atherina boyeri* Risso dans l'étang du Prévost a Palavas (Hérault). *Vie et Milieu* 16 (1A): 157-174.
- Lenhardt, M. 1992. Seasonal changes in some blood chemistry parameters and in relative liver and gonad weights of pike (*Esox lucius* L.) from the river Danube. *Journal of Fish Biology* 40: 709-718.
- Leonardos, I. D. 2001. Ecology and exploitation pattern of a landlocked population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), in Trichonis Lake (western Greece). *Journal of Applied Ichthyology* 17: 262-266.
- Leonardos, I. D. y A. Sinis. 2000. Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and Etolikon Lagoons (W. Greece). *Fisheries Research* 45 (1): 81-91.
- Lozano-Cabo, F. 1979. *Ictiología del Mar Menor (Murcia). Los Fisóstomos*. Secretariado de Publicaciones. Universidad de Murcia. Murcia, España: 228 pp.
- Marfin, J. P. 1981. *Biologie de l'Atherine. Atherina boyeri Risso, 1810 (Poisson, Téléostéen) dans trois milieux saumâtres du Roussillon (Leucate, Canet, Bourdigou)*. Tesis (3.º ciclo). Universidad de Perpignan. Perpignan, Francia: 238 pp.
- Marfin, J. P. 1982. Les problèmes liés au polymorphisme de l'espèce *Atherina boyeri* Risso, 1810. *Cybium* 6 (4): 19-26.
- Markevich, N. B. 1977. Some morphophysiological indices of the silverside *Atherina mochon pontica*, in the Aral Sea in connection with age structure of its population. *Journal of Ichthyology* 17: 618-626.
- Marshall, S. D., E. M. Jakob y G. W. Uetz. 1999. Re-estimating fitness: can scaling issues confound condition indices? *Oikos* 87 (2): 401-402.
- Megalofonou, P. 2000. Age and growth of Mediterranean albacore. *Journal of Fish Biology* 57: 700-715.
- Mistri, M. y G. Colombo. 1988. Morphometric variability in sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810, populations from different Italian sites. *Bolletino di Zoologia* 55 (3): 129-132.

- Morales-Nin, B. y S. Ralston. 1990. Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forsk.) in Hawaiian waters. *Journal of Fish Biology* 36: 191-203.
- Palmer, C. J. 1979. *The biology of the British Atherinidae, with particular reference to Atherina presbyter Cuvier of Langstone Harbour, Hampshire*. Tesis doctoral. Portsmouth Polytechnic. Hampshire, Reino Unido: 240 pp.
- Palmer, C. J. y M. B. Culley. 1983. Aspects of the biology of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Teleostei: Atherinidae) at Oldbury-upon-Severn, Gloucestershire, England. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 16 (2): 163-172.
- Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. *FAO Doc. Tec. Pesca* 234: 49 pp.
- Pérez-Ruzafa, A., C. Marcos, I. M. Pérez-Ruzafa y J. D. Ros. 1987. Evolución de las características ambientales y de los poblamientos del Mar Menor. *Anales de Biología (Biología Ambiental)* 12 (3): 53-65.
- Quignard, J. P. y A. Pras. 1986. Atherinidae. En: *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*. P. J. P. Whitehead, M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen y E. Tortonese (eds.): 1207-1210. Unesco. París.
- Ramsar Convention. 1996. Recomendación 6.15: Restauración de Humedales. En: *La Convención sobre los humedales. 6.ª Reunión de la Conferencia de las partes contratantes* (19-27 de marzo de 1996. Brisbane, Australia). http://www.ramsar.org/rec/key_rec_6.15_s.htm
- Reznick, D. N. 1985. Costs of reproduction: an evaluation of the empirical evidence. *Oikos* 44: 257-267.
- Rodríguez-Ruiz, A. 1992. *Relaciones entre la comunidad íctica y la estructura del hábitat en un río de régimen mediterráneo*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. Sevilla, España: 400 pp.
- Rojas, P., L. Jiménez, P. Toledo y G. Mares. 1993. Estimación de los parámetros de crecimiento y ciclo de madurez gonádica del charal blanco *Chirostoma grandocule* Steindachner, 1894 (Pisces, Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich. *Ciencia Pesquera* 10: 69-77.
- Rosecchi, E. y A. J. Crivelli. 1992. Study of a sand-smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) population reproducing in freshwater. *Ecology of Freshwater Fish* 1: 77-85.
- Rosecchi, E. y A. J. Crivelli. 1995. Sand smelt (*Atherina boyeri*) migration within the water system of the Camargue, southern France. *Hydrobiologia* 300/301: 289-298.
- Rosenberg, A. A. y J. R. Beddington. 1988. Length-based methods of fish stock assessment. En: *Fish Population Dynamic*. J. A. Gulland (ed.): 83-103. John Wiley & Sons. Reino Unido.
- Ruchon, F., T. Laugier y J. P. Quignard. 1993. Variation saisonnière de la taille des oeufs et de la fécondité par acte de ponte de *Lipophrys pavo* (Teleostei, Blennidae) dans une lagune nord méditerranéenne (France, Mauguio). *Cybiu* 17: 197-214.
- Shul'man, G. E. 1974. *Life Cycles of Fish*. John Wiley. Nueva York: 25-147.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1981. *Biometry. 2nd Ed.* W. H. Freeman and Company. Nueva York: 859 pp.
- Sostoa, A. 1983. *La comunidad de peces del Delta del Ebro*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona, España: 620 pp.
- Stearns, S. C. 1976. Life-history tactics: a review of the ideas. *The Quarterly Review of Biology* 51: 3-47.
- Sutton, S. G., T. P. Bult y R. L. Haedrich. 2000. Relationships among fat weight, body weight, water weight and condition factors in Wild salmon Parr. *Transaction of the American Fisheries Society* 129: 527-538.
- Tomasini, J. A., D. Collart y J. P. Quignard. 1999. Reserve management strategy for the sand smelt from brackish lagoons in southern France. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 79: 145-151.
- Tomasini, J. A. y T. Laugier. 2002. Male reproductive strategy and reserve allocation in sand smelt from brackish lagoons of southern France. *Journal of Fish Biology* 60: 521-531.
- Trabelsi, M. y F. Kartas. 1989. La reproduction de l'athérine *Atherina boyeri* Risso, 1810 en milieu marin et lagunaire. *Bulletin de l'Institut National Scientifique et Technique d'Océanographie et de Pêche de Salammbô* 16: 79-101.
- Turnpenny, A. W. H., R. N. Bamber y P. A. Henderson. 1981. Biology of the sand smelt (*Atherina presbyter* Valenciennes) around Fawley Power Station. *Journal of Fish Biology* 18: 417-427.
- Vizcaíno, A. 1997. Fundamentos biológicos de la normativa pesquera. En: *Biología Pesquera*. B. García-García, I. Bermúdez, C. Bas y S. Zamora (eds.): 99-112. Universidad de Murcia. Aulas del Mar. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua de la Región de Murcia. Murcia, España.
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biological Bulletin* 90 (2): 141-147.
- Wootton, R. J. 1998. *Ecology of Teleost Fishes*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Países Bajos: 386 pp.

Morfometría de la cigala *Nephrops norvegicus* (L., 1758) de Galicia (noroeste de España)

A. C. Fariña¹ y J. Freire²

¹ Centro Oceanográfico de A Coruña. Instituto Español de Oceanografía. Muelle de Ánimas, s/n. E-15001 A Coruña, España. Correo electrónico: celso.farina@co.ieo.es

² Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal e Ecología. Universidade da Coruña. Campus da Zapateira, s/n. E-15071 A Coruña, España. Correo electrónico: jfreire@udc.es

Recibido en noviembre de 2003. Aceptado en enero de 2004.

RESUMEN

Se ha estudiado el crecimiento relativo o alométrico de la cigala *Nephrops norvegicus* (L., 1758) de Galicia (noroeste de España). Las variables analizadas en relación con la longitud del caparazón fueron la longitud total, la anchura y la longitud de los quelípedos, la longitud del primer par de pleópodos de los machos, la anchura abdominal de las hembras y el peso húmedo. En hembras, la longitud total, la longitud y anchura de los quelípedos y la anchura del abdomen presentaron un crecimiento alométrico positivo. En machos, la longitud y anchura de los quelípedos mostraron alometría positiva, mientras que la longitud total y la longitud del primer par de pleópodos presentaron alometría negativa. Se encontraron diferencias entre sexos en las ecuaciones alométricas que relacionan la longitud del caparazón y el peso húmedo. La mayor parte de los individuos de cigala examinados (96 %) mostró heteroquelia, con la quela fina (cortadora) o la gruesa (tritadora) situada indistintamente en el lado izquierdo o el derecho.

Palabras clave: Crecimiento alométrico, heteroquelia, morfometría, *Nephrops norvegicus*, Galicia.

ABSTRACT

Morphometry of Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) from Galicia (northwest Spain)

The present study focused on the relative or allometric growth of Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L., 1758) from Galicia (northwest Spain). The variables analysed in relation to the carapace length included total size, length and width of chelipeds, length of first pair of male pleopods, width of female abdomen, and live weight. In females, total length, length and width of chelipeds, and abdominal width showed positive allometry. In males, the length and width of chelipeds also showed positive allometry, whereas the total length and first pair of pleopods' length showed negative allometry. Differences were found between males and females regarding the relationship of carapace length to live weight. Most of the individuals sampled (96 %) showed handedness, with the cutter or the crusher claw indistinctly placed on the left or right side.

Keywords: Relative growth, handedness, morphometry, *Nephrops norvegicus*, Galicia.

INTRODUCCIÓN

Las diferentes partes del cuerpo de los crustáceos (quelípedos, pleópodos, abdomen, etc.) experimentan en general distintos tipos de crecimiento en relación con una dimensión de referencia del tamaño corporal, lo cual constituye el concepto de crecimiento alométrico o relativo. Se utilizan los términos de alometría positiva o negativa, si la tasa de crecimiento de la parte estudiada es mayor o menor respectivamente que la tasa de crecimiento del tamaño corporal de referencia, y el de isometría si las tasas de crecimiento de la parte estudiada y la talla corporal son similares (Teissier, 1960; Hartnoll, 1974, 1978; Clayton, 1990). Los cambios pueden suceder durante una única muda o de forma gradual en varias mudas, y también estar asociados con el sexo y la pubertad, lo que aumenta el interés de los estudios alométricos (Hartnoll, 1982).

Los trabajos anteriores sobre morfometría de cigala *Nephrops norvegicus* (L., 1758) se han orientado principalmente a determinar los cambios alométricos con la madurez sexual y las diferencias entre sexos y poblaciones separadas geográficamente (Farmer, 1975; Sardá, Miralles y Palomera, 1981; Howard y Hall, 1983). Un objetivo adicional fue obtener una relación entre la longitud total y la longitud del caparazón. Esta última variable es más precisa y sencilla de medir que la longitud total, que fue la primera medida usual de la talla de cigala. En ciertas pesquerías de cigala (por ejemplo, las del mar de Irlanda) se desembarcan las colas (abdomen), por lo que el objetivo de previos estudios fue obtener relaciones morfométricas para calcular las distribuciones de tallas y el peso de la captura original y los rendimientos de distintos procesos usados para separar el caparazón del abdomen (Pope y Thomas, 1967; Bennett, 1983; Hillis y Carroll, 1987; Hossain, Hartnoll y Mohamedeen, 1987).

Aunque existe información relativa a la cigala de Galicia sobre distribución y biología reproductiva (Alonso-Allende, 1980; Fariña, 1996; Fariña, Freire y González-Gurriarán, 1994), los datos previos sobre morfometría se restringen a las relaciones de la longitud del caparazón con la longitud total y el peso corporal (Alonso-Allende, 1976, 1979; Fernández, 1976; Fariña, 1984) y no describen diferencias entre sexos.

Tabla I. Número de machos y de hembras de cigala correspondiente a los muestreos biológicos realizados desde octubre de 1991 a noviembre de 1992 (en marzo no se realizaron muestreos).

Mes	N.º de machos	N.º de hembras
Oct-91	77	45
Nov-91	208	122
Dic-91	328	211
Ene-92	256	105
Feb-92	171	73
Mar-92	–	–
Abr-92	229	192
May-92	177	170
Jun-92	173	145
Jul-92	103	99
Ago-92	129	174
Sep-92	177	117
Oct-92	124	85
Nov-92	159	100
Total	2311	1638

En este trabajo se aportan nuevos datos, que amplían los citados en las referencias anteriores, sobre el crecimiento alométrico de diferentes partes del cuerpo de la cigala de Galicia, se analiza un número mayor de variables morfométricas y se detallan las diferencias entre sexos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En 1991 se diseñó un plan de muestreo para obtener durante un ciclo anual datos biológicos de la cigala del denominado *stock* de Galicia norte. Se recogieron muestras mensuales de los desembarcos de la flota de arrastre de A Coruña (tabla I), desde octubre de 1991 a noviembre de 1992 (en marzo de 1992 no se pudieron conseguir muestras). Para los estudios morfométricos se examinaron en total 3949 ejemplares: 2311 machos y 1638 hembras. De los ejemplares dañados, con roturas o evidencia de regeneración de las quelas, solo se tomaron los datos no afectados por dichas deficiencias. Las distancias se tomaron con un calibre digital y precisión 0,01 mm; el peso húmedo, con precisión 0,01 g. Se indican a continuación los datos muestreados (figura 1).

- Sexo, según la diferenciación del primer par de pleópodos.
- Longitud del caparazón (LC), medida desde el margen posterior de la órbita del ojo hasta el borde posterior del cefalotórax.

- Longitud total (LT), medida desde el extremo del rostro hasta el borde del telson, excluyendo las sedas.
- Peso húmedo (PH).
- Anchura del 2.º segmento abdominal (AABD) en las hembras.
- Longitud del primer pleópodo (LPLE) en los machos.
- Morfología de los quelípedos o quelas (MQI y MQD, izquierdo y derecho respectivamente), distinguiendo, según la dentición del dactilo, la pinza fina o cortadora y la gruesa o trituradora.
- Longitud del propodio de los quelípedos izquierdo y derecho (LQI y LQD respectivamente), desde el punto de articulación con el carpo hasta el extremo de la quela.
- Anchura del propodio de los quelípedos izquierdo y derecho (AQI y AQD respectivamente), considerada perpendicularmente al eje longitudinal del propodio e inmediatamente anterior a la base de articulación del dactilo.

Se calculó la relación entre las longitudes de los propodios de ambos quelípedos ($RLQ = LQD/LQI$) y las anchuras ($RAQ = AQD/AQI$).

Tanto para machos como para hembras se realizaron análisis de componentes principales con la matriz de correlaciones de las variables morfométricas LC, LT, LQD, LQI, AQD, AQI, LPLE (solo en machos) y AABD (solo en hembras) transformadas logarítmicamente, para estudiar la relación entre

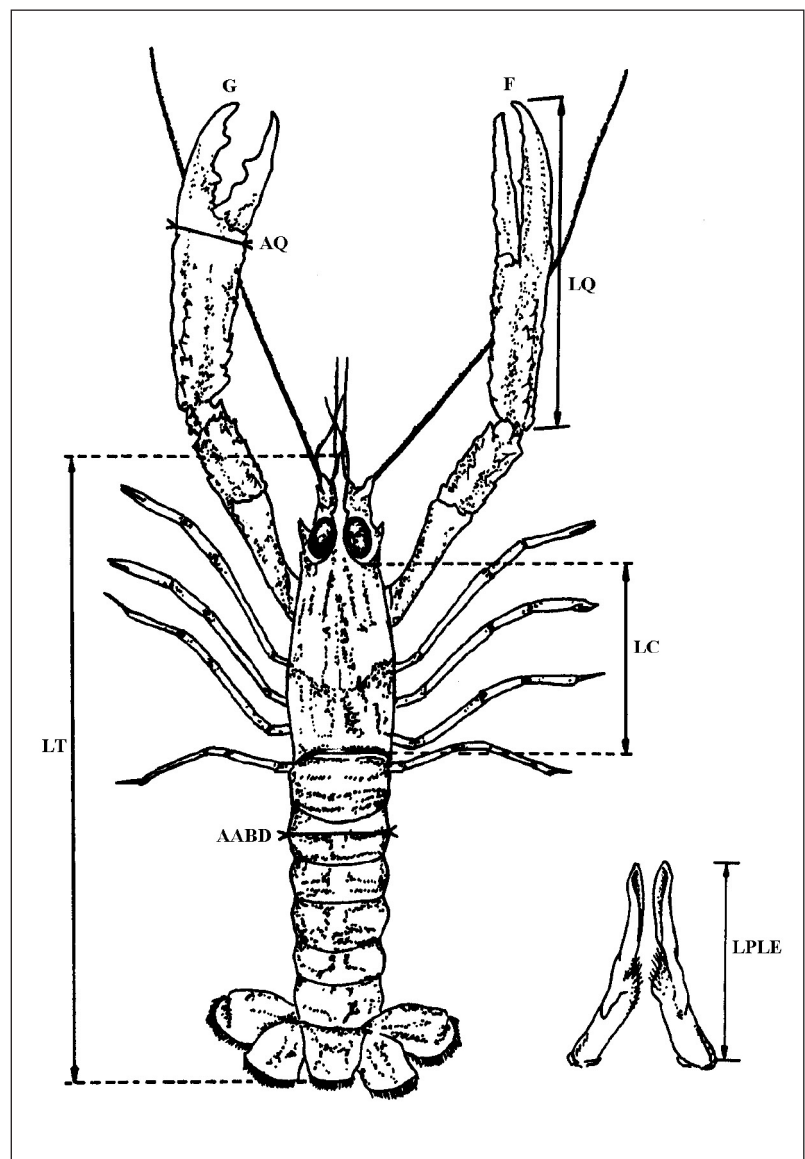


Figura 1. Variables morfométricas consideradas en los muestreos de cigala. (AABD): anchura del segundo segmento abdominal –en hembras–; (AQ): anchura del quelípedo; (F): quelípedo fino; (G): quelípedo grueso; (LC): longitud del caparazón; (LPLE): longitud del primer par de pleópodos –en machos–; (LQ): longitud del quelípedo; (LT): longitud total.

las diferentes variables y los cambios alométricos existentes.

El crecimiento relativo de las variables en relación con la longitud del caparazón se representó mediante la función $Y = a X^b$, en la que Y es la variable que se estudia, X es LC (la dimensión representativa del tamaño), a es la intersección con Y y b la constante o tasa de crecimiento alométrico. Las variables estudiadas se transformaron logarítmicamente ($\log Y = \log a + b \log X$) y se realizó la regresión lineal utilizando el método de ajuste de mínimos cuadrados. Se analizó la existencia de alometría ($b \neq 1$) mediante el test t y se compararon los coeficientes de las ecuaciones entre machos y hembras mediante análisis de covarianza.

RESULTADOS

Análisis de componentes principales

Los análisis de componentes principales realizados mostraron resultados similares para machos y hembras (figuras 2 y 3, tabla II). El tamaño corporal, representado en el eje I, mostró correlaciones positivas muy elevadas con todas las variables (en ambos sexos $r > 0,89$) y explica el 92,8 y el 91,9 % de la varianza en machos y hembras respectivamente.

El eje II se asocia con la morfometría de los quelípedos y explica el 4,6 y el 5,0 % de la varianza en machos y hembras. La heteroquelia está asociada a

este eje y diferencia dos grupos de individuos: los que tienen la quela derecha gruesa se distribuyen en la parte positiva del eje y los que tienen la quela derecha fina en la parte negativa. La heteroquelia se manifiesta fundamentalmente en la anchura de las quelas, que presenta correlaciones más elevadas con el eje II que la longitud (tabla II). No existe una relación entre heteroquelia y talla corporal porque tanto en machos como en hembras la correlación entre la longitud del caparazón y el eje II es muy baja.

El eje III explica solamente el 1,2 y el 1,4 % de la varianza en machos y hembras respectivamente. En los machos, este eje opone las variables LC, LT y LPLE, que presentan correlación positiva, y el resto de variables con correlación negativa. En las hembras, el eje III opone las variables LC, LT y AABD (con correlación positiva) a las demás variables (con correlación negativa). Por tanto, el eje III parece diferenciar en ambos sexos variables con distinto tipo de crecimiento alométrico, no mostrando ninguna segregación entre grupos de individuos.

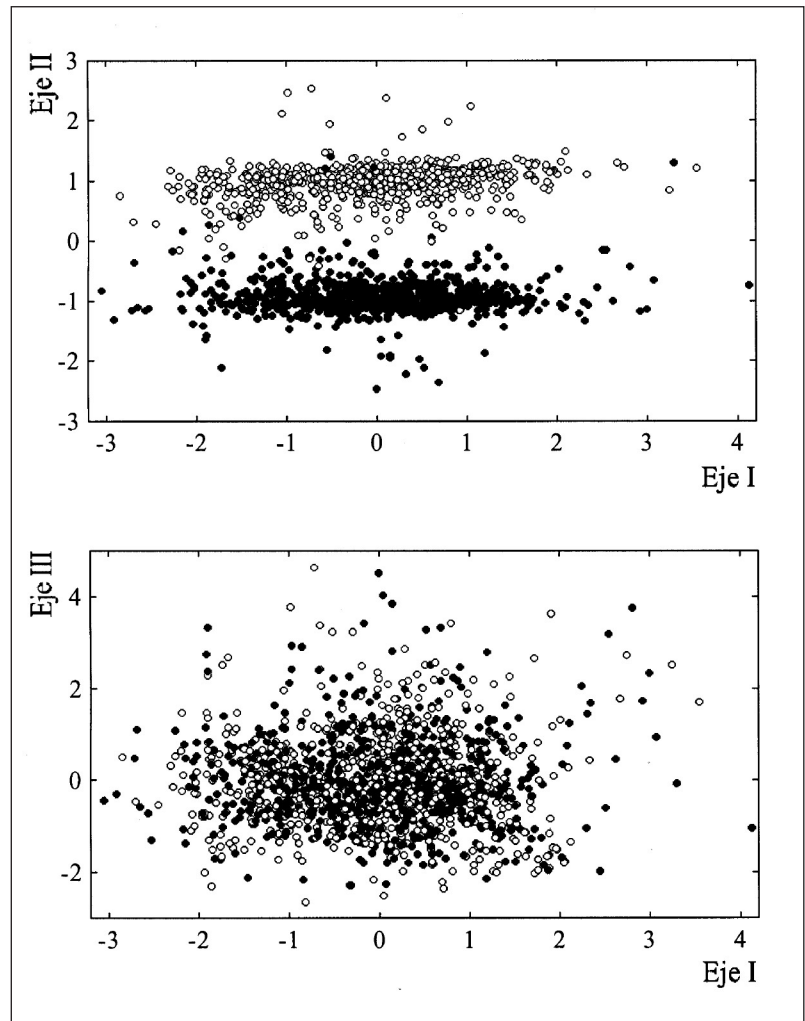
Heteroquelia

De los ejemplares completos de cigala examinados (1 682 machos y 979 hembras), un elevado porcentaje (95,8 y 96,3 % respectivamente) presentaron heteroquelia, es decir, una quela fina o cortadora y otra gruesa o trituradora (tabla III). La

Tabla II. Correlación entre las distintas variables morfométricas y los ejes de los análisis de componentes principales realizados para machos y hembras de cigala. Para cada eje se indica el valor propio (E) y el porcentaje de varianza explicada (Var). (LC): longitud del caparazón; (LT): longitud total; (LQD): longitud del propodio del quelípedo derecho; (AQD): anchura del propodio del quelípedo derecho; (LQI): longitud del propodio del quelípedo izquierdo; (AQI): anchura del propodio del quelípedo izquierdo; (LPLE): longitud del primer par de pleópodos; (AABD): anchura del segundo segmento abdominal.

Eje	Machos				Hembras			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
E	6,497	0,321	0,082	0,038	6,433	0,352	0,096	0,049
Var	92,82	4,59	1,18	0,54	91,91	5,03	1,37	0,70
Variables								
LC	0,990	-0,010	0,109		0,988	-0,006	0,125	
LT	0,988	-0,008	0,123		0,987	0,001	0,134	
LQD	0,983	-0,051	-0,067		0,978	-0,032	-0,084	
AQD	0,901	0,408	-0,124		0,892	0,424	-0,126	
LQI	0,985	0,046	-0,053		0,982	0,032	-0,073	
AQI	0,909	-0,387	-0,132		0,896	-0,412	-0,131	
LPLE	0,984	-0,003	0,123		-	-	-	
AABD	-	-	-		0,982	-0,004	0,129	

Figura 2. Ordenación de las observaciones sobre los planos formados por los ejes I/II y I/III resultantes del análisis de componentes principales de las variables morfométricas de machos de cigala (LC, LT, LQD, AQD, LQI, AQI y LPLE) transformadas logarítmicamente. Se indican los individuos con distinta heteroquelia: puntos negros para quela derecha fina y quela izquierda gruesa, y puntos blancos para quela derecha gruesa y quela izquierda fina.



proporción de machos que presentaron la quela derecha fina y la izquierda gruesa fue del 48,8 %, frente al 47 % de machos con la morfología contraria (quela derecha gruesa y quela izquierda fina). Las hembras con distinta heteroquelia presentaron la misma proporción (48 %).

La proporción de individuos que presentaron las dos quelas semejantes (finas o gruesas) fue muy reducida (4,2 y 3,7 % en machos y hembras respectivamente). Los individuos que presentaron las dos quelas finas (3,0 y 3,5 %) fueron más frecuentes que aquellos con las dos quelas gruesas (1,2 y 0,2 %).

Tabla III. Heteroquelia en machos y hembras de cigala. Se indica el porcentaje de individuos de cada sexo con distintas morfologías de los quelípedos derecho e izquierdo, y la relación entre las longitudes y anchuras de ambos quelípedos. (MQD): morfología del quelípodo derecho; (MQI): morfología del quelípodo izquierdo; (F): fino; (G): grueso. (N): número de individuos examinados. RLQ = LQD/LQI; RAQ = AQD/AQI; (DT): desviación típica.

	MQD	MQI	N	%	RLQ	(DT)	RAQ	(DT)
Machos	F	G	821	48,8	1,028	(0,047)	0,841	(0,058)
	G	F	791	47,0	0,975	(0,050)	1,201	(0,073)
	F	F	50	3,0	0,997	(0,166)	1,010	(0,158)
	G	G	20	1,2	0,996	(0,054)	1,038	(0,203)
Hembras	F	G	471	48,1	1,022	(0,048)	0,854	(0,053)
	G	F	472	48,2	0,980	(0,048)	1,189	(0,073)
	F	F	34	3,5	1,011	(0,179)	0,989	(0,145)
	G	G	2	0,2	1,009	(0,063)	0,998	(0,230)

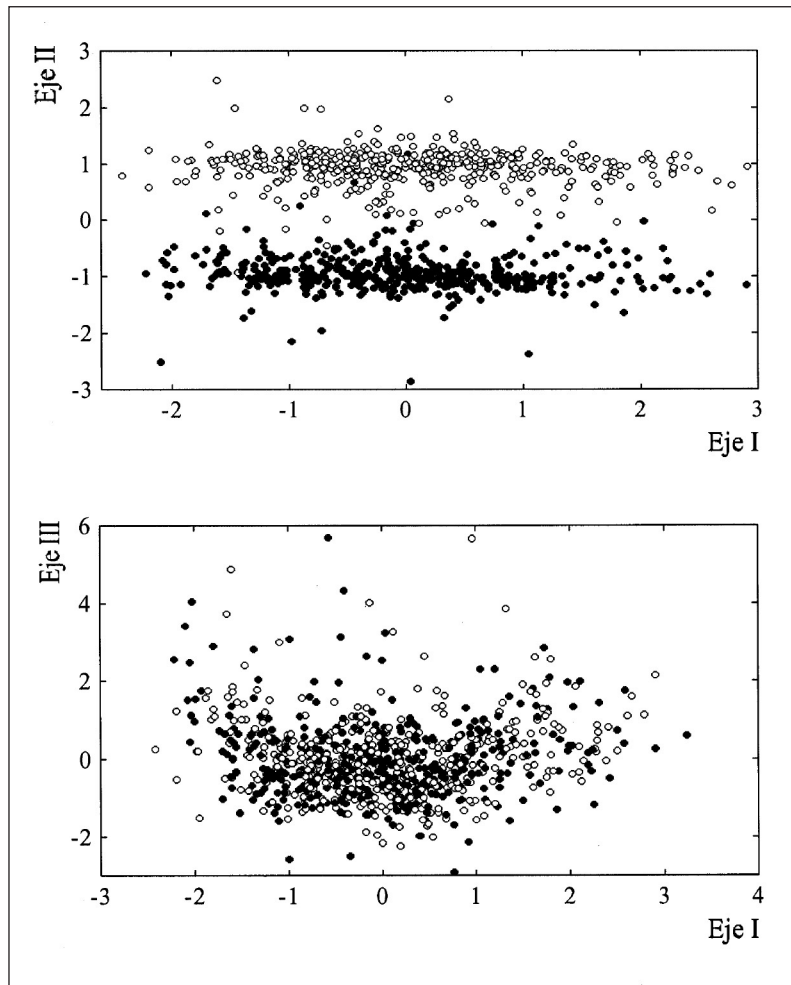


Figura 3. Ordenación de las observaciones sobre los planos formados por los ejes I/II y I/III resultantes del análisis de componentes principales de las variables morfométricas de hembras de cigala (LC, LT, LQD, AQD, LQI, AQI y AABD) transformadas logarítmicamente. Se indican los individuos con distinta heterochele: puntos negros para quela derecha fina y quela izquierda gruesa, y puntos blancos para quela derecha gruesa y quela izquierda fina.

La quela fina, sea la izquierda o la derecha, es más larga que la quela gruesa (2,8 % en machos y 2,2 % en hembras). Si la quela derecha es fina, es el 16 y el 15 % (respectivamente en machos y hembras) más delgada que la gruesa, mientras que si la quela izquierda es fina, resulta el 20 y el 19 % más estrecha. Cuando las dos quelas son morfológicamente semejantes, sus longitudes y sus anchuras son muy similares.

Relaciones alométricas entre las variables morfométricas y la longitud del caparazón

Las relaciones alométricas entre las variables morfométricas y la longitud del caparazón se presentan para machos y hembras en las figuras 4 y 5 y la tabla IV. En hembras, todas las variables presentan alometría positiva (pendiente $b > 1$, test t , $P < 0,01$) y la anchura abdominal presenta mayor pendiente que las demás variables. Esto puede in-

dicar que la tasa de crecimiento de las distintas dimensiones morfométricas se incrementa con la longitud del caparazón, que representa la talla corporal. En machos, las variables relativas al tamaño de los quelípedos presentan también alometría positiva ($b > 1$, test t , $P < 0,01$). Por el contrario, tanto la longitud total como la longitud del pleópodo presentan alometría negativa ($b < 1$, $P < 0,05$), aunque los valores de la pendiente son muy próximos a la unidad. La comparación de los coeficientes de las ecuaciones alométricas entre machos y hembras indicó que en todos los casos existen diferencias significativas en los valores de las pendientes (ancova, $P < 0,01$). En machos, las pendientes de las ecuaciones alométricas entre longitud y anchura de ambos propodios y LC fueron superiores que en hembras ($b > 1,21$ en machos, $b < 1,11$ en hembras), lo que significa que los quelípedos tienen un mayor tamaño en machos que en hembras con la misma longitud del caparazón.

Tabla IV. Coeficientes de las ecuaciones alométricas que relacionan la longitud del caparazón (LC) y distintas variables morfométricas: longitud total (LT), anchura del segundo segmento abdominal (AABD), longitud del primer par de pleópodos (LPLE), longitud del propodio del quelípedo derecho (LQD), anchura del propodio del quelípedo derecho (AQD), longitud del propodio del quelípedo izquierdo (LQI), anchura del propodio del quelípedo izquierdo (AQI) y el peso húmedo corporal (PH), para machos y hembras de cigala ($\log_{10} Y = \log_{10} a + b \log_{10} LC$). En el caso de las dimensiones de los quelípedos se presentan las ecuaciones ajustadas para individuos con distinta heteroquelia. (N): número de individuos analizados; (r^2): coeficiente de determinación (en todos los casos $P < 0,01$).

Variable	Machos				Hembras			
	$\log_{10} a$	b	r^2	N	$\log_{10} a$	b	r^2	N
LT	0,543	0,989	0,985	1 501	0,507	1,016	0,983	1 471
PH	-3,440	3,193	0,977	1 501	-3,354	3,132	0,980	967
AABD	-	-	-	-	-0,544	1,181	0,960	1 576
LPLE	-0,433	0,979	0,961	1 501	-	-	-	-
Quela derecha gruesa, quela izquierda fina								
LQD	-0,139	1,216	0,941	789	0,056	1,082	0,891	475
AQD	-0,858	1,276	0,910	789	-0,676	1,097	0,896	476
LQI	-0,129	1,217	0,925	789	0,071	1,066	0,937	471
AQI	-0,852	1,222	0,909	789	-0,626	1,109	0,890	472
Quela derecha fina, quela izquierda gruesa								
LQD	-0,144	1,227	0,919	820	0,105	1,044	0,933	474
AQD	-0,861	1,228	0,908	820	-0,546	1,060	0,869	474
LQI	-0,159	1,230	0,950	820	0,086	1,063	0,902	479
AQI	-0,827	1,255	0,908	820	-0,649	1,078	0,882	478

Relación entre el peso húmedo y la longitud del caparazón

La relación entre el peso húmedo y la longitud del caparazón presenta en ambos sexos pendientes superiores a 3 (figura 6, tabla IV), considerándose este valor indicativo de un crecimiento isométrico en este tipo de relaciones. El valor de la pendiente de las ecuaciones ajustadas mostró diferencias significativas ($P < 0,01$) entre sexos.

DISCUSIÓN

Los métodos para colección de datos morfométricos han experimentado grandes avances con el desarrollo de técnicas de procesamiento de imágenes digitales, que permiten mayor rapidez, precisión y eficiencia que los métodos tradicionales de medición de distancias como los usados en este trabajo. Sin embargo, los análisis de datos continúan basándose sobre todo en métodos multivariantes, con el análisis de componentes principales como uno de los más indicados para la investigación de patrones de varianza en datos multivariantes (Cadrin, 2000).

El modelo alométrico ha sido cuestionado por dos razones principales: 1) asume un crecimiento

homogéneo en un carácter morfológico, sin tener en cuenta que la manifestación de éste podría ser la suma de varios componentes con distinto crecimiento relativo (Hartnoll, 1982) y 2) la transformación logarítmica puede normalizar los datos y homogeneizar las varianzas, por lo que el ajuste de las regresiones podría resultar mejor con los datos no transformados (Lovett y Felder, 1989). A pesar de esto, la función alométrica bivariable es muy simple y todavía se considera la mejor expresión del crecimiento relativo.

Los individuos de cigala en aguas de Galicia presentaron heteroquelia, con la quela gruesa o fina indistintamente a un lado u otro. Solamente en machos se observó una ligera tendencia a presentar la pinza fina o cortadora en el lado derecho. Esta tendencia fue hallada también en el Mediterráneo por Sardá, Miralles y Palomera (1981), mientras que en aguas de Escocia, Farmer (1974) encontró mayor proporción de machos y hembras con la quela cortadora en el lado izquierdo. Al igual que los resultados obtenidos en el presente trabajo, los citados autores encontraron bajos porcentajes de individuos con las dos quelas iguales, si bien entre estos individuos siempre es mayor la proporción con las dos quelas finas (en nuestro caso las proporciones son similares), probablemente debido a que la regeneración de un

quelípedo, después de su pérdida o autotomía, produce siempre una pinza fina (Sardá, 1983). La asimetría de las pinzas aparece ya en el estado postlarvario y no parece que haya, durante la vida del

animal, reversión en la simetría de las quelas (Farmer, 1974).

En ambos sexos, y siendo indistinto el lado del cuerpo en que estén situados, el quelípedo fino se

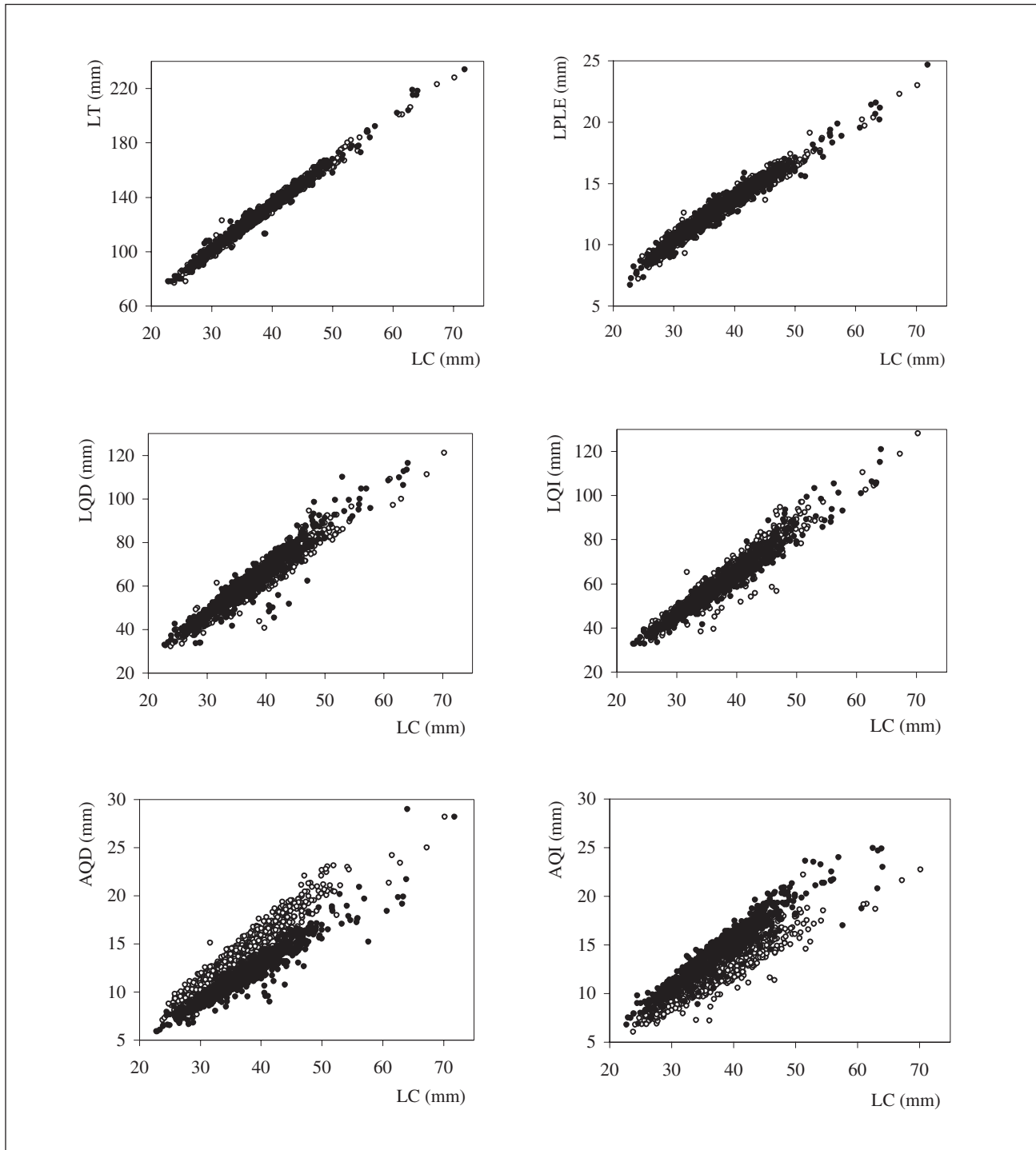


Figura 4. Relación entre la longitud del caparazón (LC) y diferentes variables morfométricas en machos de cigala: longitud total (LT), longitud del propodio del quelípedo derecho (LQD), anchura del propodio del quelípedo derecho (AQD), longitud del propodio del quelípedo izquierdo (LQI), anchura del propodio del quelípedo izquierdo (AQI) y longitud del primer par de pleópodos (LPLE). Se indican los individuos con distinta heteroquelia: puntos negros para quela derecha fina y quela izquierda gruesa, y puntos blancos para quela derecha gruesa y quela izquierda fina.

desarrolla más largo y estrecho que el grueso. Este tipo de crecimiento ya fue observado en la cigala del Mediterráneo (Sardá, Miralles y Palomera, 1981).

Las ecuaciones morfométricas ajustadas por diversos autores para las cigalas de distintas áreas geográficas muestran resultados diferentes en relación con la existencia o no de diferencias significativas

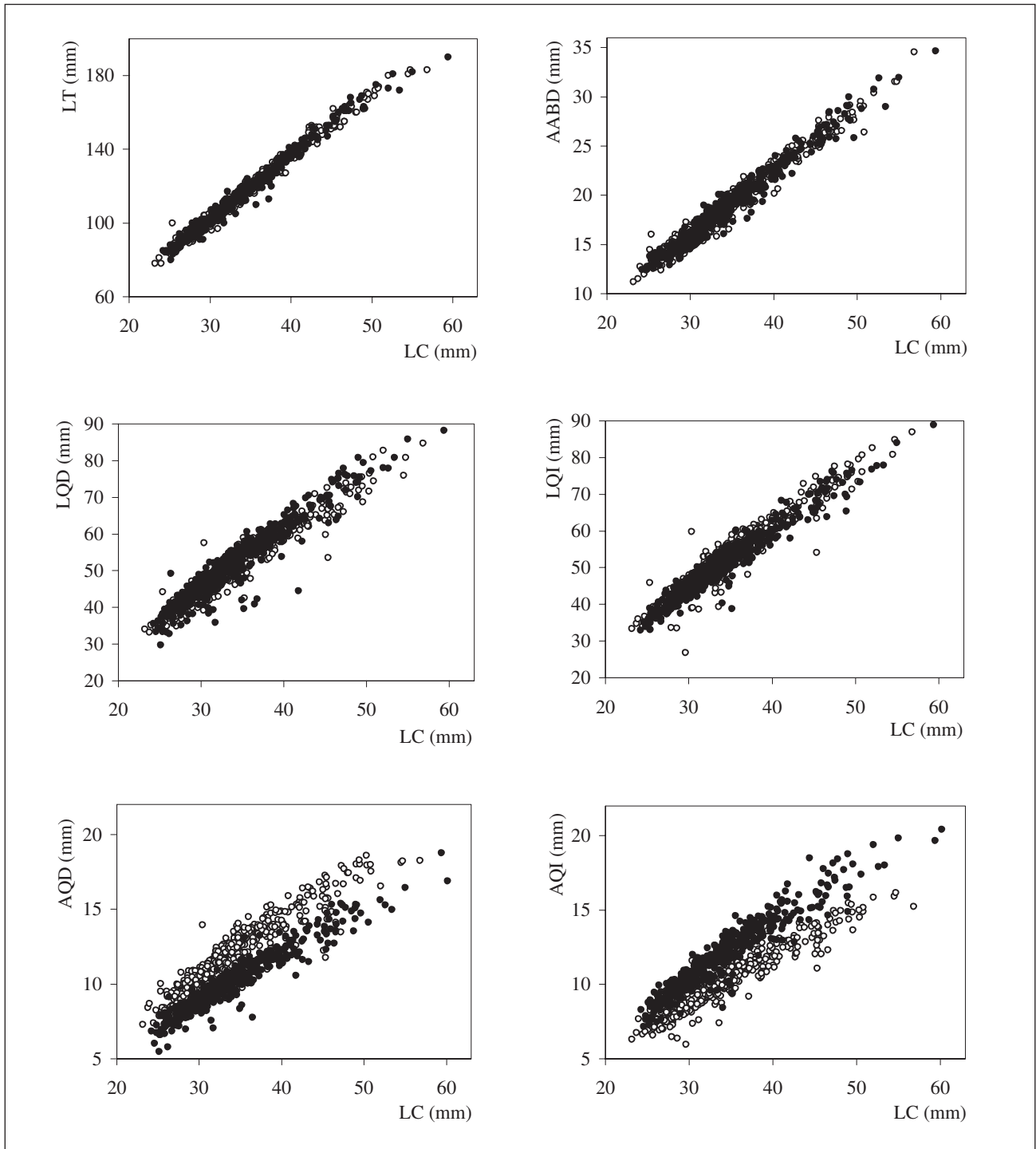


Figura 5. Relación entre la longitud del caparazón (LC) y las variables morfométricas en hembras de cigala: longitud total (LT), longitud del propodio del quelípedo derecho (LQD), anchura del propodio del quelípedo derecho (AQD), longitud del propodio del quelípedo izquierdo (LQI), anchura del propodio del quelípedo izquierdo (AQI) y anchura del segundo segmento abdominal (AABD). Se indican los individuos con distinta heteroquelia: puntos negros para quela derecha fina y quela izquierda gruesa, y puntos blancos para quela derecha gruesa y quela izquierda fina.

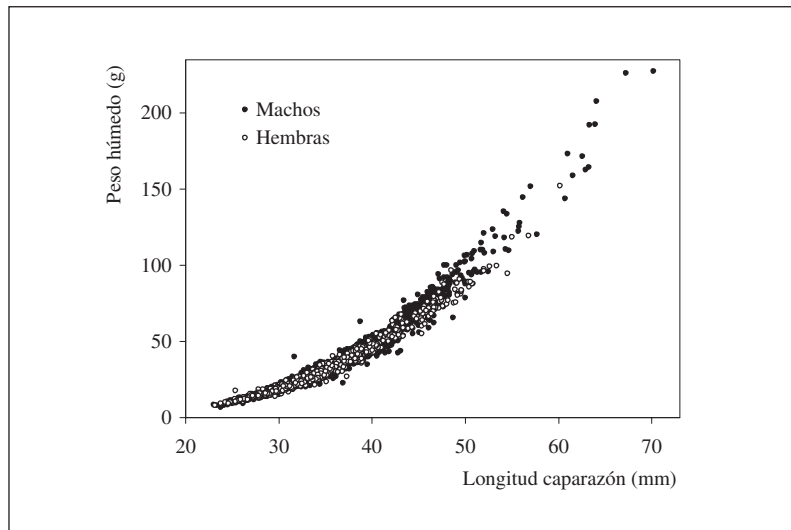


Figura 6. Relación entre el peso húmedo y la longitud del caparazón en machos y hembras de cigala.

entre machos y hembras. Así, mientras que Pope y Thomas (1967), Farmer (1974), Bennett (1983) y Hossain, Hartnoll y Mohamedeen (1987) no hallaron diferencias entre sexos en la relación entre longitud del caparazón y longitud total o entre longitud del caparazón y longitud del abdomen, Howard y Hall (1983) encontraron diferencias entre sexos e individuos de cigala de distintas áreas de Escocia. Por otra parte, Farmer (1974) no encontró diferencias entre sexos en la relación entre longitud del caparazón y peso total, aunque otros autores observaron que los machos presentan mayor peso que las hembras para una talla dada (Pope y Thomas, 1967; Symonds, 1972; Conan, 1978; Howard y Hall, 1983; Hossain, Hartnoll y Mohamedeen, 1987). En la cigala de Galicia y para una talla determinada, los machos tienen mayor peso que las hembras (Alonso-Allende, 1979; este trabajo) debido sobre todo a que tienen los quelípedos de mayor dimensión. Como sucede en otros decápodos, el mayor tamaño de las quelas en los machos de cigala puede determinar un mayor éxito en las relaciones de agresión, dominancia y territorialidad con otros machos y en la selección de hembras para el acoplamiento (Atema y Cobb, 1980).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Instituto Español de Oceanografía en el marco del programa de investigación Evaluación de los recursos pesqueros en el área de la CE. Agradecemos a Roberto Morlán y Antonio A. Vázquez, del Centro Ocea-

nográfico de A Coruña, su colaboración durante los muestreos biológicos de cigala.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Allende, J. M. 1976. Notes on the biology of *Nephrops norvegicus* L. from the Northwest of Spain. *ICES C.M.* 1976/K:5: 9 pp.
- Alonso-Allende, J. M. 1979. *Estudio sobre la biología y pesca de la cigala (Nephrops norvegicus, L.) de las costas de Galicia*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. Salamanca, España: 284 pp.
- Alonso-Allende, J. M. 1980. Distribución de la cigala (*Nephrops norvegicus*) en las costas de Galicia. *Inv. Pesq.* 44 (2): 347-360.
- Atema, J. y J. S. Cobb. 1980. Social behavior. En: *The biology and management of lobsters. Physiology and behavior*. J. S. Cobb y B. F. Phillips (eds.) 1: 409-450. Academic Press. Nueva York.
- Bennett, D. B. 1983. Irish Sea *Nephrops* biometrics, with particular reference to tails. *ICES C.M.* 1983/K:10: 12 pp.
- Cadrin, S. X. 2000. Advances in morphometric identification of fisheries stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10: 91-112.
- Clayton, D. A. 1990. Crustacean allometric growth: a case for caution. *Crustaceana* 58 (3): 270-290.
- Conan, G. Y. 1978. Average growth curves and life history in a *Nephrops norvegicus* population from northern Bay of Biscay. *ICES C.M.* 1978/K:21: 56 pp.
- Fariña, A. C. 1984. Informe de la campaña "Sisargas-83". *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 25: 1-22.
- Fariña, A. C. 1996. *Megafauna de la plataforma continental y talud superior de Galicia. Biología de la cigala Nephrops norvegicus*. Tesis doctoral. Universidad de A Coruña. A Coruña, España: 298 pp.
- Fariña, A. C., J. Freire y E. González-Gurriarán. 1994. *Nephrops norvegicus* in the Galicia continental shelf (NW

- Spain): abundance and distribution. *Fish. Res.* 19: 333-347.
- Farmer, A. S. D. 1974. Relative growth in *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda: Nephropidae). *J. Nat. Hist.* 8: 605-620.
- Farmer, A. S. D. 1975. Synopsis of biological data on the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *FAO Fish. Synop.* 112: 1-97.
- Fernández, A. 1976. Data on the Norway lobster population of Galicia (NW Spain). *ICES C.M.* 1976/K:29: 11 pp.
- Hartnoll, R. G. 1974. Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana* 27 (2): 131-136.
- Hartnoll, R. G. 1978. The determination of relative growth in Crustacea. *Crustaceana* 34 (3): 281-293.
- Hartnoll, R. G. 1982. Growth. En: *The biology of Crustacea. Embriology, morphology, and genetics.* L. G. Abele (ed.) 2: 111-196. Academic Press. Nueva York.
- Hillis, J. P. y J. Carroll. 1987. A confirmatory note: tail weight/whole weight relationship in *Nephrops*. *ICES C.M.* 1987/K:27: 8 pp.
- Hossain, M. A., R. G. Hartnoll y H. Mohamedeen. 1987. The length-weight relationship and flesh production of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.) (Decapoda, Astacidea). *Crustaceana* 52 (1): 40-46.
- Howard, F. G. y W. B. Hall. 1983. Some observations on the biometrics of *Nephrops norvegicus* (L.) in Scottish waters. *ICES C.M.* 1983/K:36: 12pp.
- Lovett, D. L. y D. L. Felder. 1989. Application of regression techniques to studies of relative growth in crustaceans. *J. Crustacean Biol.* 91 (4): 529-539.
- Pope, J. A. y H. J. Thomas. 1967. Some biometric observations on *Nephrops norvegicus* (L.). *J. Cons. Cons. Perm. Int. Explor. Mer* 31 (2): 265-271.
- Sardá, F. 1983. El proceso de regeneración de quelas en la cigala *Nephrops norvegicus* (L.). *Inv. Pesq.* 47 (1): 113-123.
- Sardá, F., L. M. Miralles e I. Palomera. 1981. Morfometría de *Nephrops norvegicus* (L.) del mar catalán (NE de España). *Inv. Pesq.* 45 (2): 279-290.
- Symonds, D. J. 1972. The fishery for the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L.), off the north-east coast of England. *MAFF Fish. Invest. (London)* 27 (3): 1-35.
- Teissier, G. 1960. Relative growth. En: *The physiology of Crustacea.* T. H. Waterman (ed.) 1: 537-560. Academic Press. Nueva York.

Nuevos datos del género *Boccardia* Carazzi, 1893 (Polychaeta: Spionidae) para la península Ibérica y el océano Atlántico

J. Martínez¹, I. Adarraga¹ y E. López²

¹ Sociedad Cultural INSUB. Museo Okendo. Zemoriya, 12. Apdo. 3223. E-20080 Donostia-San Sebastián, España.
Correo electrónico: julido@euskalnet.net

² Departamento de Biología. Unidad de Zoología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid-Canto Blanco. E-28049 Madrid, España. Correo electrónico: eduardo.lopez@uam.es

Recibido en enero de 2002. Aceptado en enero de 2003.

RESUMEN

Dos especies de anélidos poliquetos pertenecientes al género *Boccardia* Carazzi, 1893 (Spionidae) se citan por primera vez para la costa de la península Ibérica y aguas del océano Atlántico. *Boccardia semibranchiata* Guérin, 1990 es una especie descrita recientemente en el mar Mediterráneo, mientras que *Boccardia proboscidea* Hartman, 1940 es una especie común en las costas del Pacífico. Ambas especies de poliquetos han sido recolectadas en dos zonas intermareales de San Sebastián (península Ibérica - golfo de Vizcaya). En el presente trabajo se realiza una descripción de los ejemplares colectados de ambas especies, se ilustran y se discuten, aportándose, además, notas sobre su distribución y ecología. Complementariamente, se presenta una sencilla clave del género *Boccardia* para el Atlántico.

Palabras clave: Poliquetos, *Boccardia*, sistemática, distribución, península Ibérica, océano Atlántico.

ABSTRACT

New data of the genus Boccardia Carazzi, 1893 (Polychaeta: Spionidae) for the Iberian Peninsula and the Atlantic Ocean

The first record for the Iberian coast and the Atlantic Ocean of two species of polychaetous annelids belonging to the genus Boccardia Carazzi, 1893 (Spionidae) is presented. Boccardia semibranchiata Guérin, 1990 is a recently described species from the Mediterranean Sea, whereas Boccardia proboscidea Hartman, 1940 is a very common species from the Pacific coasts. Both species have been collected in two intertidal zones from San Sebastián (Iberian Peninsula - Bay of Biscay). In the present paper, the collected specimens of both species are described, illustrated and discussed, and notes on their ecology and distribution are included. A simple key for the genus Boccardia for the Atlantic coasts is also provided.

Keywords: Polychaeta, Boccardia, systematics, distribution, Iberian Peninsula, Atlantic Ocean.

INTRODUCCIÓN

A partir de los trabajos de Day (1967), Blake y Woodwick (1971), Rainer (1973), Read (1975), Light (1978), Blake y Kudenov (1978, 1981), Blake (1979, 1981, 1983, 1986), Hutchings y Turvey (1984) y Guérin (1990) se pueden contabilizar 21 especies válidas del género *Boccardia* Carazzi, 1893 en todo el mundo (tabla I).

La distribución geográfica de las mismas revela que la mayoría de estas especies se encuentran localizadas en el océano Pacífico, y más concretamente en la costa pacífica americana, Nueva Zelanda y Australia.

En las aguas del océano Atlántico se han citado únicamente tres especies: *Boccardia chilensis* Blake y Woodwick, 1971, *Boccardia natrrix* (Söderström, 1920) y *Boccardia polybranchia* (Haswell, 1885). La distribución geográfica de las dos primeras es similar: se encuentran extendidas por la zona sur del Atlántico y del Pacífico. En el Atlántico, *B. chilensis* aparece en las islas Malvinas (Fauvel, 1916 como *Polydora polybranchia*) y *B. natrrix* en aguas de Argentina e islas Malvinas (Blake, 1983). *B. polybranchia* presenta una distribución más amplia, habiendo sido citada tanto en el océano Atlántico (Fauvel, 1927; Day, 1967; Hartman, 1966) como en el Pacífico (Imajima y Hartman, 1964; Hartman, 1967; Blake y Kudenov, 1978), el mar Mediterráneo

(Capaccioni-Azzati, 1987) y áreas subantárticas (Hartman, 1967).

En la península Ibérica también aparecen referencias de *B. polybranchia* en Portugal y en España (por ej.: Rioja, 1931; Sardá, 1984; Gómez y San Martín, 1985; Capaccioni-Azzati, 1987; Pardal, Caldeira y Marques, 1992).

En el marco de dos estudios diferentes sobre la distribución de las comunidades bentónicas intermareales en la costa de San Sebastián (península Ibérica - golfo de Vizcaya), se han recolectado numerosos ejemplares de dos especies del género *Boccardia* no citadas hasta la fecha en la península Ibérica y el océano Atlántico. Una de ellas, *Boccardia semibranchiata* Guérin, 1990, es una especie estuarina originaria del Mediterráneo que ha sido recolectada en tres estaciones localizadas en la ría Urumea: dos en una comunidad de ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) y una en fondo blando. La otra especie, *Boccardia proboscidea* Hartman, 1940, es un poliqueto común en el océano Pacífico y ha sido recogida en una estación de sustrato rocoso perteneciente a una comunidad de *Corallina elongata* muy próxima a la salida de un colector de aguas residuales urbanas.

En el trabajo que aquí se presenta se realiza una descripción de los ejemplares de ambas especies, se ilustran y se discuten, aportando algunas notas ecológicas del área donde han sido hallados.

Tabla I. Especies y distribución geográfica del género *Boccardia*.

Especie	Distribución	Referencias
<i>Boccardia acus</i> (Rainer, 1973)	Pacífico	Read, 1975
<i>Boccardia androgyna</i> Read, 1975	Pacífico	Read, 1975.
<i>Boccardia anophthalma</i> (Rioja, 1962)	Pacífico	Blake, 1983
<i>Boccardia basilaria</i> Hartman, 1961	Pacífico	Hartman, 1969
<i>Boccardia berkeleyorum</i> Blake y Woodwick, 1971	Pacífico	Blake y Woodwick, 1971
<i>Boccardia chilensis</i> Blake y Woodwick, 1971	Pacífico, Atlántico	Read, 1975
<i>Boccardia columbiana</i> Berkeley, 1927	Pacífico	Hartman, 1969
<i>Boccardia fleckera</i> Hutchings y Turvey, 1984	Pacífico	Hutchings y Turvey, 1984
<i>Boccardia galapagense</i> Blake, 1986	Pacífico	Blake, 1986
<i>Boccardia knoxi</i> (Rainer, 1973)	Pacífico	Read, 1975
<i>Boccardia lamellata</i> (Rainer, 1973)	Pacífico	Read, 1975
<i>Boccardia natrrix</i> (Söderström, 1920)	Pacífico, Atlántico	Blake, 1983
<i>Boccardia otakouica</i> Rainer, 1973	Pacífico	Read, 1975
<i>Boccardia perata</i> (Khlebovitsch, 1959)	Pacífico	Khlebovitsch, 1959
<i>Boccardia polybranchia</i> (Haswell, 1885)	Pacífico, Atlántico, Mediterráneo	Blake, 1983
<i>Boccardia proboscidea</i> Hartman, 1940	Pacífico, Atlántico	Este estudio
<i>Boccardia pseudonatrrix</i> Day, 1961	Índico	Day, 1967
<i>Boccardia pugettensis</i> Blake, 1979	Pacífico	Blake, 1979
<i>Boccardia semibranchiata</i> Guérin, 1990	Atlántico, Mediterráneo	Este estudio
<i>Boccardia syrtis</i> (Rainer, 1973)	Pacífico	Read, 1975
<i>Boccardia tricuspis</i> (Hartman, 1939)	Pacífico	Blake, 1983

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ejemplares de *B. semibranchiata* fueron obtenidos en tres estaciones correspondientes a dos muestreos. El primero de ellos se realizó en julio de 1999 y el segundo en septiembre de 2001. Dos de las estaciones proceden de una densa población de *C. gigas* asentada sobre un sustrato rocoso esciáfilo intermareal (0,50 m sobre el nivel 0 de marea). La tercera estación corresponde a una muestra de sedimento heterogéneo, constituido por una mezcla de arena, fango, cascajo y restos de conchas de *C. gigas*, también en el nivel intermareal (0,90 m sobre el nivel 0). Por su parte, los individuos de *B. proboscidea* se recolectaron durante 1996 y 1997 en una estación perteneciente a una comunidad de *C. elongata* localizada en un sustrato rocoso intermareal (0,40-0,70 m) (figura 1).

Para el muestreo en el sustrato rocoso se empleó una rasqueta, raspando la superficie rocosa hasta la extracción total del recubrimiento biológico. La superficie de trabajo fue de 400 cm² (20 cm × 20 cm). En la muestra de fondo blando se delimitó una superficie de 0,1 m², recogiendo el sedimento hasta una profundidad de 15 cm. En el laboratorio,

como paso previo a la separación se lavaron las muestras a través de una malla de 0,5 mm de luz. El material retenido se fijó con formaldehído al 5 % y los ejemplares obtenidos se conservaron en etanol al 70 %. Las mediciones y los dibujos ofrecidos en las figuras se han realizado con la ayuda de una cámara clara adaptada al microscopio.

RESULTADOS

Familia Spionidae Grube, 1850

Género *Boccardia* Carazzi, 1893

Boccardia semibranchiata Guérin, 1990 (figuras 2 y 3)

Guérin, 1990: páginas 37-45, figuras 1-2.

Material examinado. Estación U5, intermareal (0,5 m), comunidad de *Crassostrea gigas*, 35 ejemplares, 15 de julio de 1999. Estación U6, intermareal (0,35 m), comunidad de *Crassostrea gigas*, 22 ejemplares, 15 de julio de 1999. Estación U7, intermareal (0,9 m), fango, arena y restos de conchas,

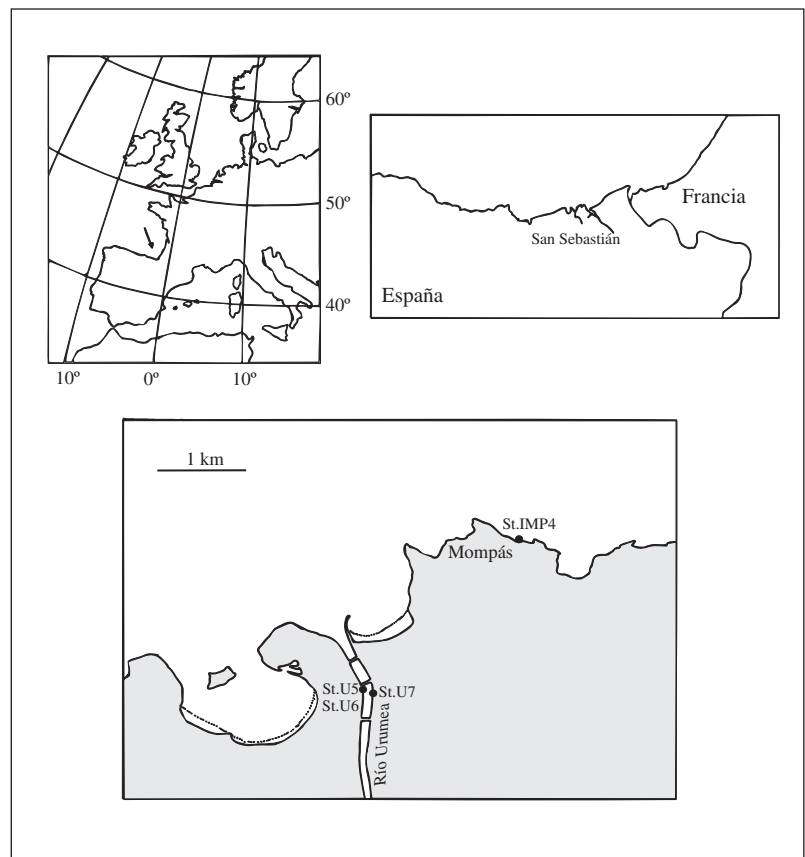


Figura 1. Localización de las estaciones de muestreo.

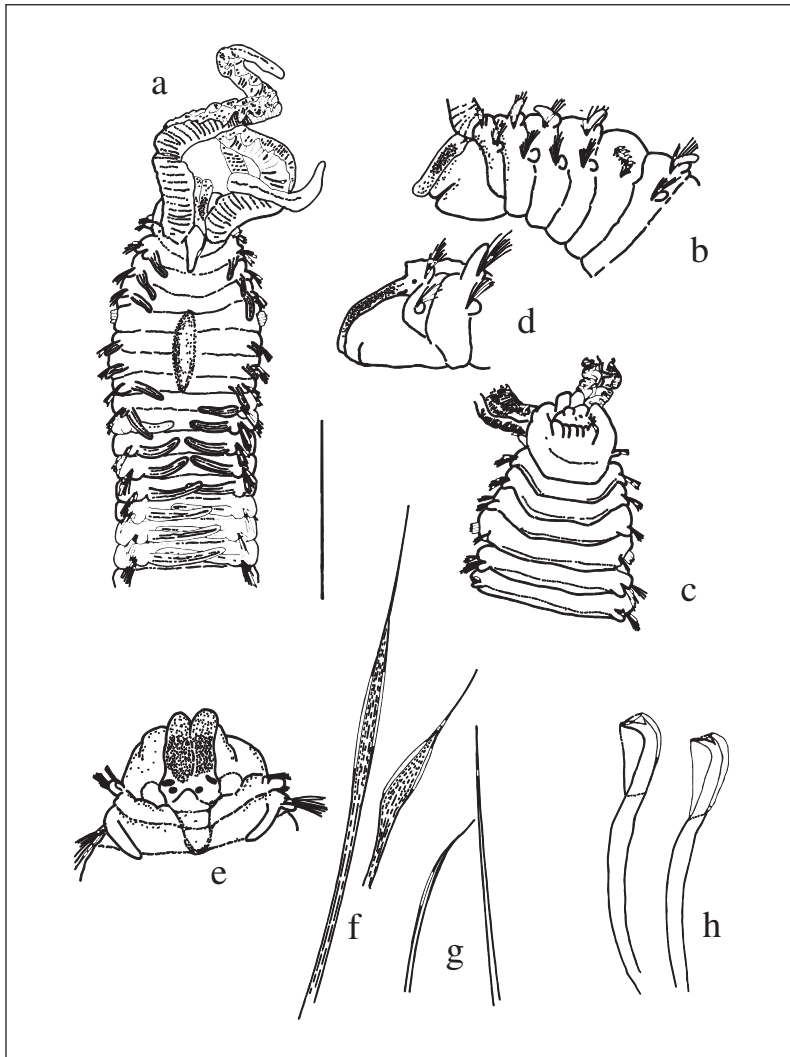


Figura 2. *Boccardia semibranchiata*. (a): región anterior en vista dorsal; (b): región anterior en vista lateral; (c): región anterior en vista ventral; (d): prostomio, setígeros 1 y 2 en vista lateral (palpos omitidos); (e): prostomio, setígeros 1 y 2 en vista dorsal; (f): notosedas capilares del setígero 3; (g): notosedas capilares de un setígero posterior y el final; (h): ganchos encapuchados. Escala: (a, c): 1,56 mm; (b, d, e): 1 mm; (f-h): 70 μ m.

6 ejemplares, 22 septiembre de 2001. Todos los ejemplares proceden de la ría Urumea (San Sebastián, península Ibérica) (43° 19' 27" N, 01° 58' 4" O).

Descripción

Cuerpo de 18 mm de largo y 1,1 mm de ancho para un ejemplar de 70 segmentos setígeros. En vida, el color del cuerpo es amarillo pálido, presentando la mayoría de los ejemplares una pigmentación pardo-rojiza en la parte anterior del prostomio. En el tercio posterior del cuerpo muestran una especie de fieltro blancuzco en la cara dorsal. Los palpos son translúcidos, poseen una tenue coloración oscura a lo largo de toda su longitud y presentan a intervalos regulares unas bandas transversales bien marcadas de color blanco. En ejemplares fijados la pigmentación del prostomio

se conserva adecuadamente, desapareciendo sin embargo la de los palpos.

El prostomio es bilobulado anteriormente y presenta una sutura central que lo recorre longitudinalmente hasta los ojos. El peristomio está bien desarrollado, cubriendo por completo el setígero 1 por su cara ventral (figura 2c). La caráncula, que es corta, se extiende hasta el final del segundo setígero. La mayoría de los ejemplares presentan cuatro ojos de color negro y se distribuyen formando un trapecio. El par anterior es alargado y de tamaño mayor que el par posterior cuya forma es redonda (figura 2e). Algunos ejemplares carecen de ojos. A la altura de la inserción de los palpos se observa una elevación puntiaguda ancha y cónica (figura 2d). Estos palpos, que son retráctiles, se conservan en numerosos ejemplares fijados y se insertan justo delante del primer setígero. En ejemplares vivos llegan a extenderse más allá del setígero 20.

El setígero 1 es pequeño, ocupa la mitad de anchura que el setígero 2 y lleva notosedas. Los lóbulos parapodiales están bien desarrollados en los cuatro primeros setígeros, ausentes en el setígero 5 y no conspicuos a partir de los setígeros 12-15 (figura 2b). Las notosedas de los setígeros 1, 2, 3, 4, 6 y siguientes son todas bilimbadas, aparecen veinte de ellas por notopodio (a excepción del setígero 1, donde su número es menor) y se distribuyen en tres filas. En las dos filas anteriores son cortas y bastante curvadas, mientras que en la fila posterior son más largas, delgadas y rectas (figura 2f). Las notosedas de los setígeros posteriores se reducen a un simple fascículo, su número disminuye conforme se alcanza el final del cuerpo y adoptan una forma casi capilar (figura 2g). Las neurosedas se distribuyen de manera análoga a las notosedas, aunque son algo más cortas. A partir del setígero 7 son sustituidas ventralmente por ganchos encapuchados bi-

dentados. La capucha es transparente y se encuentra abierta en un extremo. Los dientes acaban en punta; el diente subdistal se muestra más desarrollado y forma un ángulo recto respecto al mango (figura 2h). Estos ganchos aparecen en número de 7 a 10 por parápodo en la región media del cuerpo, disminuyendo su número hacia el final del mismo. No presentan espinas notopodiales en la región posterior.

Las sedas especiales del setígero 5 se distribuyen en una doble fila en forma de U, y son de dos tipos (figura 3b). En ejemplares bien desarrollados la fila superior está ocupada por cuatro sedas robustas en forma de hoz con el extremo fuertemente curvado (figura 3c), mientras que la fila inferior consta de cuatro o cinco (en función del grado de desarrollo del ejemplar) sedas gruesas en forma de maza con el extremo cóncavo y una cúspide central (figura 3d). Las notosedas están ausentes en este

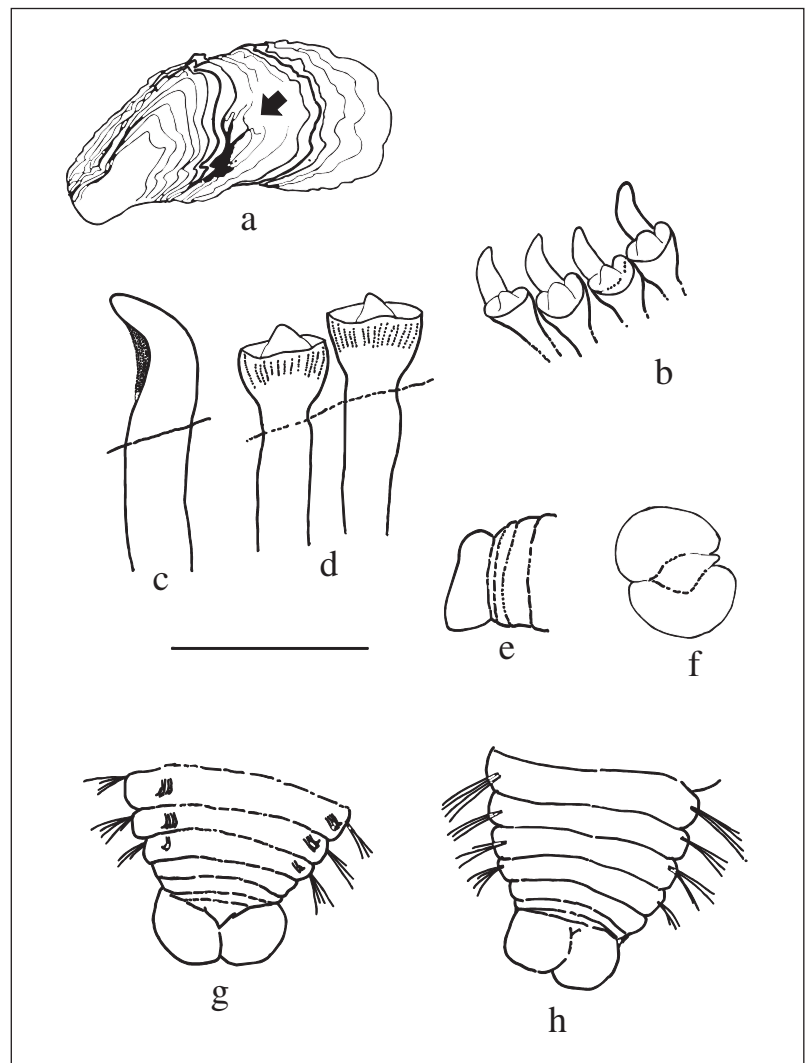


Figura 3. *Boccardia semibranchiata*. (a): concha de *C. gigas* con un tubo de *B. semibranchiata*; (b): fascículo de las gruesas espinas especiales del setígero 5; (c): espina en hoz del setígero 5; (d): dos gruesas sedas con el borde ensanchado y cúspide final del setígero 5; (e): región posterior en vista lateral; (f): pigidio; (g): región posterior en vista ventral; (h): región posterior en vista dorsal. Escala: (a): 3,5 cm; (b): 125 μ m; (c, d): 90 μ m; (e): 0,22 mm; (f-h): 0,28 mm.

setífero, apareciendo sin embargo un pequeño fascículo de neurosedas.

Todos los ejemplares conservados presentan entre los setíferos 5 y 7-8 una cresta dorsal más o menos desarrollada.

Las branquias aparecen en los setíferos 2, 3, 4, 6 y continúan hasta la región media del cuerpo, desapareciendo por completo en la mitad posterior. En la región media anterior se muestran más desarrolladas, entrecruzándose unas con otras y llegando a cubrir toda la cara dorsal del segmento correspondiente (figura 2a).

El pigidio es pequeño, tiene forma de disco aplano y se encuentra dividido dorsoventralmente en dos lóbulos, constatándose un mayor grado de desarrollo en la parte ventral (figuras 3e-h).

Observaciones

Uno de los aspectos más significativos de esta especie es la interpretación de la estructura cefálica. Guérin (1990) describe a *B. semibranchiata* poseyendo un tentáculo nual. En nuestros ejemplares, el prostomio a la altura de los palpos posee, efectivamente, una especie de cresta elevada terminada en una punta más o menos pronunciada (figuras 2d,e). Esta punta cónica llega a ser prácticamente imperceptible en bastantes ejemplares conservados. Algunos autores, como Maciolek (1990) para el caso del espionido *Spio setosa* Verril, 1873 (poliqueto con una estructura cefálica prácticamente idéntica), no consideran esta punta cónica como un verdadero tentáculo nual, no homologándola a los apéndices digitiformes que aparecen en otros espionidos, como *Polydora ligni* Webster, 1879, *Laonice cirrata* (Sars, 1851) o *Spiophanes kroeyeri* Grube, 1860.

Por otra parte, nuestros ejemplares son proporcionalmente más largos que los especímenes mediterráneos (18 mm de longitud para un individuo de 70 segmentos setíferos, frente a 11,7 mm para 73 segmentos setíferos en un ejemplar de Francia). La cresta dorsal aparece entre los setíferos 5 y 7-8 en lugar de 5 y 6, y los ganchos encapuchados bidentados son más numerosos: 7-10 en la región anterior media en lugar de 6. También apreciamos diferencias en cuanto a la morfología de las neurosedas del setífero 5 y la coloración del prostomio. En la descripción de Guérin (1990) la coloración del prostomio es discreta y las neurosedas

del setífero 5 son barbuladas. En la mayoría de nuestros ejemplares la coloración del prostomio es bien patente y las neurosedas del quinto setífero son tenuemente limbadas. No obstante, y a pesar de estas discrepancias, creemos que se trata de la misma especie, no justificando por nuestra parte el establecimiento de un nuevo taxón.

Hábitat y ecología

Esta especie fue descubierta a partir del cultivo de tres larvas procedentes de unas pescas de mero-plancton efectuadas en la zona sudoriental del *étang* (laguna costera salobre) de Prévost (Hérault, sur de Montpellier, Francia) (Guérin, 1990). Posteriormente, este autor encontró en la zona del *étang* de Berre (Bouches du Rhône, Francia), en un fondo fangoso con restos de conchas a 7,9 m de profundidad, tres individuos adultos idénticos a los obtenidos en el laboratorio, uno de los cuales utilizó como holotipo.

En nuestro caso, los ejemplares fueron obtenidos en dos zonas intermareales (0,5-0,9 m) de la ría Urumea (San Sebastián). La primera de ellas corresponde a un acúmulo rocoso esciáfilo colonizado por una población de *C. gigas*. Las especies más abundantes en este lugar (además de *C. gigas*) han sido los bivalvos *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 y *Mytilaster minimus* Poli, 1795, el cirrípedo *Chthamalus montagui* Southward, 1976, el anfípodo *Melita palmata* (Montagu, 1804), el tanaidáceo *Heterotanais oerstedii* (Kröyer, 1842) y el isópodo *Sphaeroma serratum* (Fabricius, 1787). En la segunda zona se encuentra en un fondo mixto compuesto por arena, fango, gravas y fragmentos de conchas de *C. gigas*, compartiendo hábitat con los poliquetos *Streblospio shrubsolii* (Buchanan, 1890) y *Hediste diversicolor* (O. F. Müller, 1776), el isópodo *Cyathura carinata* (Kröyer, 1874) y algunos ejemplares de oligoquetos de la familia Enchytraeidae.

El común denominador en ambos casos es la presencia de conchas de *C. gigas*. En este sentido hemos podido observar a los individuos dentro de sus tubos, constituidos por granos de arena ocupando importantes superficies de las valvas de las ostras (figura 3a). Por otra parte, esta especie parece mostrar preferencia por medios de salinidad variable. El rango de salinidad de la zona donde se han obtenido los ejemplares varía de 33,5 en marea

alta a 6,4 en bajamar (datos medidos el 18 de agosto de 2001).

Distribución geográfica

Mediterráneo: *étang* de Prévost y *étang* de Berre, (Francia). Atlántico: ría Urumea (San Sebastián, península Ibérica).

Boccardia proboscidea Hartman, 1940

(figuras 4 y 5)

Hartman, 1940: páginas 382-387, figuras 1aj; Hartman, 1941: páginas 299-304, lámina 46, figuras 22-28, lámina 47, figuras 30-37; Imajima y Hartman, 1964: páginas 279-280, lámina 36, figuras a-f; Hartman, 1969: página 95, figuras 1-6; Blake y Kudenov, 1978: página 238, figuras 33a-c; Light, 1978: páginas 147-149, figuras 148a-m.

Material examinado. Estación IMP4, intermareal (0,4-0,9 m), comunidad de *Corallina elongata*: 13 ejemplares, 5 de mayo de 1996; 7 ejemplares, 15 de septiembre de 1996; 8 ejemplares, 26 de octubre de 1996; 4 ejemplares, 23 de diciembre de 1996; 28 ejemplares, 7 de febrero de 1997; 26 ejemplares, 8 de marzo de 1997; 10 ejemplares, 8 de abril de 1997; 3 ejemplares, 23 de abril de 1997; 209 ejemplares, 24 de mayo de 1997. Todos los ejemplares proceden de la zona de Mompás (San Sebastián, península Ibérica) (43° 20' 10" N, 1° 57' 40" O).

Descripción

Tamaño de 13 mm de largo y 1,25 mm de ancho para un ejemplar completo de 64 segmentos setíferos.

El color del cuerpo en vida es amarillo verdoso pálido, con dos líneas negras bien marcadas a ambos lados del prostomio, algo más difusas en la zona frontal del mismo.

El prostomio es redondeado anteriormente, apreciándose mediante tinción un pequeño surco central en la zona anterior a los ojos (figura 4a). En vista ventral se aprecia en la parte anterior del prostomio una escotadura media (figura 4c). El peristomio presenta dos lóbulos lameliformes, se encuentra bien desarrollado y llega a ocultar ventralmente al setífero 1 (figura 4b). La caráncula se extiende hasta el final del setífero 3. El número de

ojos varía de unos ejemplares a otros. Se han encontrado individuos con 4, 6 y 8 manchas oculares de color negro y disposición variable. En algunos casos se disponen en trapecio mientras que en otros lo hacen más o menos en rectángulo. No presentan tentáculo nucal. Los palpos se han perdido en la mayoría de los individuos, y en aquéllos que los han conservado no se extienden más allá del setífero 10.

El setífero 1, cuya longitud es la mitad que la del setífero 2, lleva entre 4 y 10 notosedas capilares de diferente longitud y un pequeño fascículo de cortas neurosedas capilares. Los lóbulos parapodiales se encuentran bien desarrollados en los primeros segmentos, faltan en el setífero 5 y son inconspicuos desde el setífero 10 ventralmente y 14-15 dorsalmente. Los setíferos 2, 3, 4, 6 y siguientes segmentos muestran sedas capilares bilimbadas dispuestas en dos filas. En la fila anterior son más cortas y numerosas, unas 15 por notopodio (figura 4d), mientras que en la fila posterior aparecen unas 4 o 5 sedas más alargadas (figura 4e). Conforme se llega al final del cuerpo, el número es significativamente menor. El limbo de estas sedas se presenta marginalmente dividido (*fimbriate*), mostrando en algunos ejemplares un aspecto desmadejado. En la región posterior este limbo se reduce, adoptando las sedas una forma casi filamentosa de distintas longitudes. En algunos casos presentan un aspecto espinoso en la parte final (figura 4f), si bien no son consideradas como verdaderas espinas especiales posteriores (Light, 1978).

Las neurosedas de los setíferos 2, 3, 4 y 6 son similares a las notosedas en cuanto a forma y disposición, aunque algo más cortas. Desde el setífero 7 y hasta el final del cuerpo son sustituidas por ganchos encapuchados bidentados. En la zona media su número varía entre ocho y diez por podio, disminuyendo hacia la zona del pigidio. El diente principal forma un ángulo sub-agudo respecto al mango (figura 5b). La capucha, que se encuentra abierta distalmente, presenta una superficie estriada, mostrando un borde débilmente aserrado (figura 5c). En los setíferos 7, 8 y 9 estos ganchos se encuentran acompañados por 2-4 sedas capilares limbadas. Igualmente, en los últimos 8-10 setíferos los ganchos se encuentran acompañados por una única seda capilar muy fina, observable a gran aumento. No presentan sedas especiales en los notopodios posteriores.

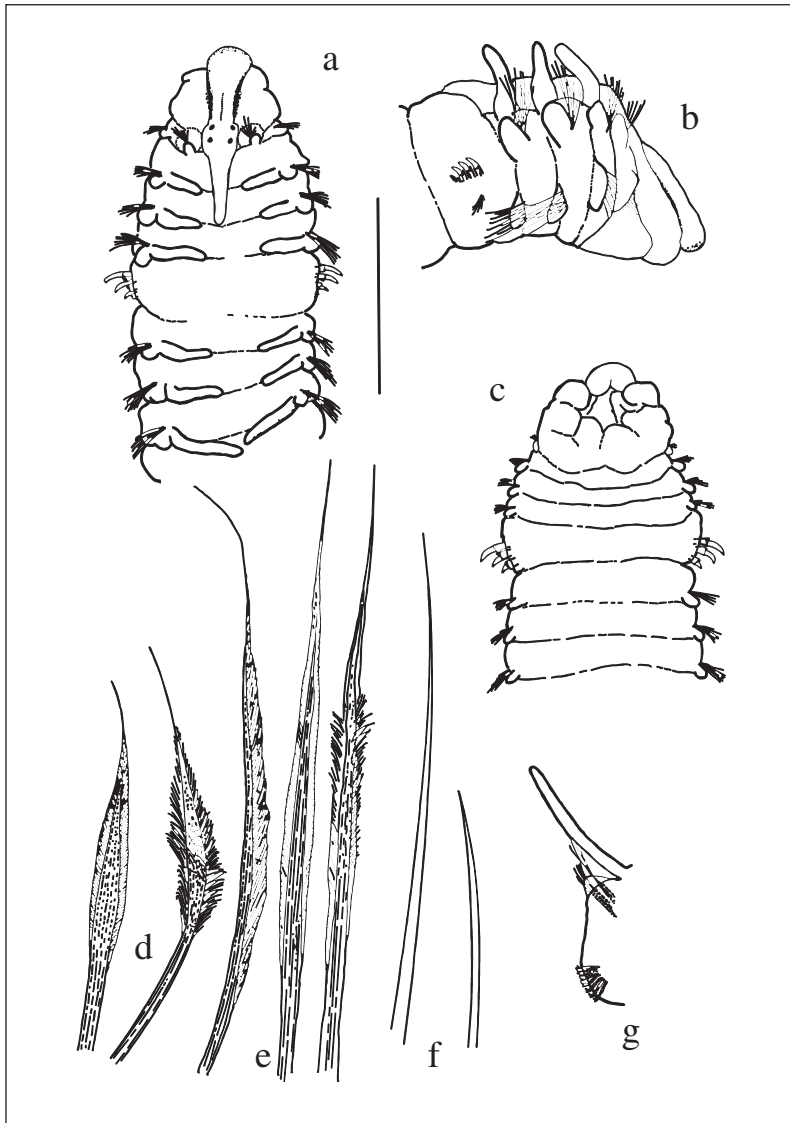


Figura 4. *Boccardia proboscidea*. (a): región anterior en vista dorsal; (b): región anterior en vista lateral; (c): región anterior en vista ventral; (d): notosedas capilar de una fila anterior correspondiente a la región anterior del cuerpo; (e): notosedas capilar de una fila posterior correspondiente a la región anterior del cuerpo; (f): notosedas capilares de la región posterior; (g): parapodo del setígero 13. Escala: (a, c): 1 mm; (b): 0,75 mm; (d-f): 70 μ m; (g): 0,45 mm.

El setígero 5 está más desarrollado que los restantes (figura 4a). Las sedas especiales son de dos tipos y se disponen en dos series laterales (figura 5a). La fila más dorsal está ocupada por tres sedas robustas, curvadas y terminadas en punta. La inferior presenta 3-4 sedas gruesas con el extremo ensanchado y coronado por una matriz pilosa. En este segmento no aparecen notosedas y sí un pequeño fascículo de neurosedas.

Glándulas parapodiales presentes desde los segmentos 7-9 en ejemplares adultos.

Las branquias aparecen en los setígeros 2, 3, 4, 6 y continúan posteriormente hasta casi el final del cuerpo, faltando en los 4-10 últimos segmentos (figura 5d). Presentan una forma alargada y cilíndrica (figura 4g) y están más desarrolladas entre los

setígeros 15-25, llegando a cruzarse en la región anterior media del cuerpo.

El pigidio termina en un disco dividido indistintamente en dos o cuatro lóbulos, con el ano terminal. En éste último caso se pueden observar igualmente ejemplares con los cuatro lóbulos iguales e individuos cuyos lóbulos dorsales son algo menores que los ventrales (figuras 5e-g).

Observaciones

Nuestros ejemplares coinciden básicamente con las descripciones previas de esta especie. *B. proboscidea* es muy similar a *B. polybranchia*, la única especie descrita en las costas ibéricas hasta el momento.

Estas dos especies se diferencian básicamente por la forma del prostomio y la disposición setal en el setígero 1. En *B. proboscidea* el prostomio es anteriormente redondeado y presenta notosedas en el setígero 1. Por el contrario, *B. polybranchia* tiene el prostomio anteriormente bifido y el setígero 1 carece de notosedas. Otra especie muy próxima sería *B. columbiana* Berkeley, 1927, la cual difiere por su menor tamaño y por poseer dos fascículos de largas notosedas en el setígero 1, que llegan a sobrepasar el margen anterior del prostomio (Light, 1978).

Hábitat y ecología

B. proboscidea es una especie de distribución panpacífica (Bailey-Brock, 2000) que ha sido citada tanto en los fondos blandos como en sustratos du-

ros sobre diversos soportes: fondos de *Zostera*, algas calcáreas, colonias de *Mytilus*, grietas en piedras, etc., con un rango batimétrico que varía desde la zona intermareal hasta los 100 metros de profundidad (Imajima y Hartman, 1964). En nuestro caso, *B. proboscidea* aparece en los niveles bajos de la zona intermareal (0,40-0,70 m) en una estación dominada por una comunidad de *C. elongata*, localizada en un sustrato rocoso con elevado grado de exposición y muy próxima a la desembocadura de un importante colector de aguas residuales urbanas. La biocenosis donde ha sido recogida esta especie se caracteriza por la abundancia del tanaidáceo *Hexapleomera robusta* (Moore, 1894), los bivalvos *Mytilaster minimus* (Poli, 1795) y *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, los poliquetos *Platynereis dumerilii* (Audouin y Milne Edwards, 1833) y *Syllis gracilis* Grube, 1840 y el anfípodo *Jassa marmorata* Holmes, 1903.

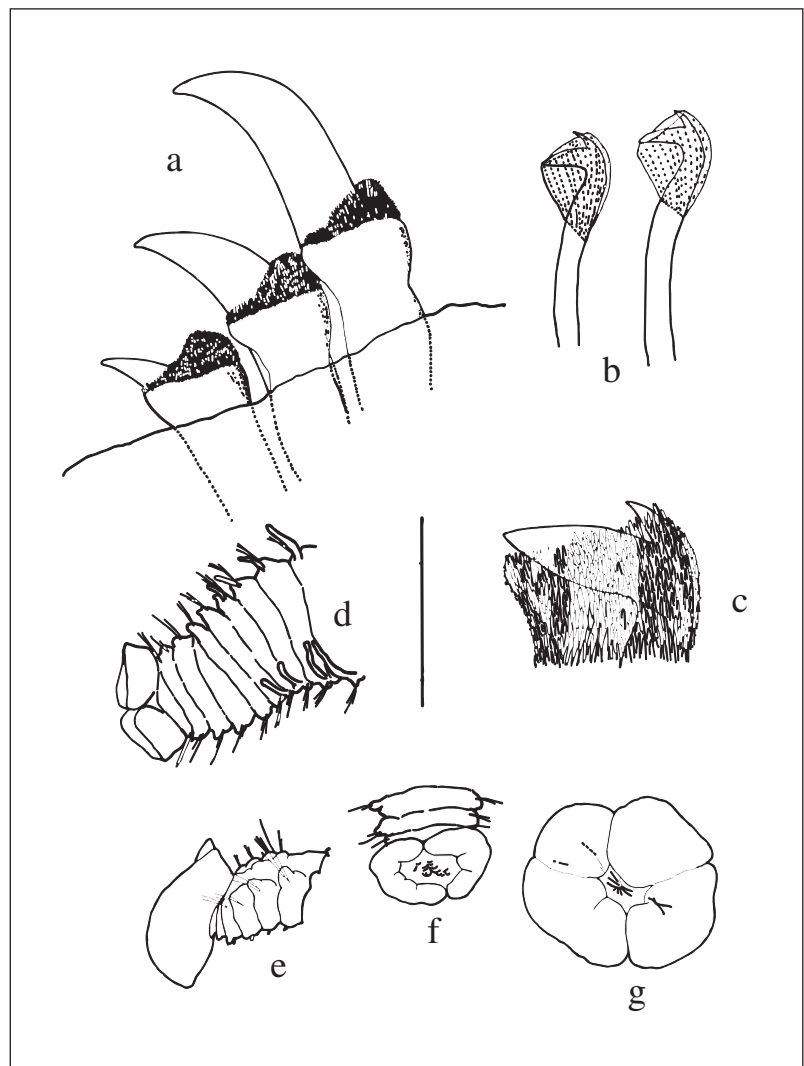


Figura 5. *Boccardia proboscidea*. (a): grupo de gruesas sedas especiales del setígero 5; (b): ganchos encapuchados; (c): detalle de un gancho encapuchado; (d): región posterior en vista dorsal; (e): región posterior en vista lateral; (f): forma del pigidio; (g): pigidio –detalle–. Escala: (a): 125 µm; (b): 70 µm; (c): 10 µm; (d-f): 1 mm; (g): 0,65 mm.

Distribución geográfica

Pacífico: oeste de Canadá hasta el sur de California (EE UU), Panamá, Japón, Hawaii, Australia. Atlántico: San Sebastián (península Ibérica).

Clave taxonómica del género *Boccardia* en el Atlántico

Con la incorporación de estas dos especies, el número de representantes del género *Boccardia* para las aguas del océano Atlántico es de cinco.

Tomando como base los trabajos de Blake y Kudenov (1978), se ha elaborado la clave dicotómica de este género (tabla II).

DISCUSIÓN

La propagación geográfica de estos dos espiónidos parece estar ligada, casi con seguridad, a la intervención humana. *B. proboscidea* ha sido profusamente mencionada a lo largo de la costa pacífica americana, habitando en grietas de construcciones arrecifales, estrechos intersticios en rocas, raíces de algas y colonias de mejillones, así como en diversos objetos sólidos (Hartman, 1941; Imajima y Hartman, 1964; Blake y Kudenov, 1978; Light, 1978). En nuestro caso, esta especie es hallada únicamente en una estación, de muy difícil acceso, en las cercanías de la salida de aguas residuales procedentes de un importante colector urbano. En dicha estación se presenta en un recubrimiento de la rodofita calcárea *C. elongata*, en el nivel intermareal. Hemos tenido la oportunidad de estudiar diversas comunidades intermareales

de *C. elongata* en distintos lugares de la costa de San Sebastián, siendo éste el único punto donde *B. proboscidea* aparece en las muestras. El área donde se localiza esta estación se encuentra próxima a la bocana del puerto de Pasajes, segundo en importancia por volumen comercial de toda la costa vasca.

Esta circunstancia conduce a pensar que la presencia de esta especie en una zona tan alejada de su área de distribución habitual puede ser debida a una introducción artificial, bien sea a través del agua de lastre de los buques o de individuos procedentes de sus cascos o de otros objetos que en ocasiones son arrojados al mar desde los propios barcos.

Lo que sí parece constatarse es la buena aclimatación de la especie en la zona. Entre 1996 y 1997 se realizó un seguimiento mensual en esta estación, obteniéndose en la mayoría de los meses ejemplares de *B. proboscidea*. Además, hemos podido observar las diferentes fases de desarrollo de la especie: cápsulas con huevos, cápsulas con larvas, larvas libres, juveniles y adultos. Las mayores densidades de la especie se obtuvieron en primavera de 1997, con más de 5 000 indiv/m².

Por otra parte, *B. semibranchiata*, especie citada solo en el Mediterráneo en un fondo de fango con restos de conchas (Guérin, 1990), aparece en nuestro caso en aguas salobres de la ría Urumea en tres estaciones intermareales. Como ya se ha señalado, el factor común en las tres zonas es la presencia de conchas de *C. gigas*. Este poliqueto construye sus tubos de arena sobre las valvas de la ostra, llegando a alcanzar importantes densidades (hemos podido contabilizar hasta 7 individuos en una valva de *C. gigas* y una densidad máxima de 1 025 indiv/m²).

La presencia de poliquetos del género *Boccardia* en comunidades de *C. gigas* ha sido constatada por

Tabla II. Clave dicotómica de las cinco especies del género *Boccardia* presentes en aguas del océano Atlántico.

1a	Uno de los dos tipos de gruesas sedas especiales del setígero 5 acabado en collarate con una cúspide central; tentáculo occipital presente	2
1b	Uno de los dos tipos de gruesas sedas especiales del setígero 5 con el borde ensanchado y recubierto por una matriz pilosa; tentáculo occipital ausente	3
2a	Collarate de las sedas en cono con los bordes irregulares y no soldados al mango; las branquias se extienden hasta el final del cuerpo	<i>B. chilensis</i>
2b	Collarate de las sedas en cono con los bordes regulares y soldados al mango en dos puntos; las branquias se extienden hasta la mitad del cuerpo	<i>B. semibranchiata</i>
3a	Notosedas en el setígero 1 presentes	4
3b	Notosedas en el setígero 1 ausentes	<i>B. polybranchia</i>
4a	Prostomio anteriormente redondeado	<i>B. proboscidea</i>
4b	Prostomio anteriormente dividido en dos lóbulos	<i>B. natrix</i>

otros autores. Handley (1995) cita en conchas de *C. gigas* en Nueva Zelanda hasta cuatro especies: *B. (B.) knoxi*, *B. (P.) acus* (Rainer, 1973), *B. (B.) atokovica* y *B. (B.) chilensis*.

El área donde Guérin (1990) descubrió *B. semibranchiata* (*étang* de Prevost y *étang* de Berre), en el golfo de León, se caracteriza por poseer numerosas granjas de cultivo de *C. gigas*. En Francia el cultivo de *C. gigas* se realiza en tres fases separadas: freza, crecimiento y engorde. Estas fases pueden ser completadas en diferentes granjas en función de unas condiciones ambientales más o menos favorables. Por ello, el transporte de lotes de huevos, juveniles o adultos comerciales entre los diferentes lugares de cultivo constituye un procedimiento habitual en el proceso de cultivo de *C. gigas* (Korringa, 1976). La conexión entre las granjas de ostras en el Atlántico y el Mediterráneo ya ha sido señalada por Sauriau (1991). En la costa de San Sebastián y las zonas adyacentes no existen cultivos de ostras. En otros lugares del Cantábrico, como Galicia o Santander, Guerra, Acosta y Espinos (1987) describen experiencias y granjas de cultivo de *C. gigas*, no habiéndose citado la especie en dichos lugares. Por tanto, una hipótesis probable de la presencia de *B. semibranchiata* en la ría Urumea es que sea el resultado de esta transferencia comercial entre los diversos lugares franceses dedicados al cultivo de *C. gigas*.

La propagación de especies en el golfo de Vizcaya por medio de individuos de *C. gigas* ya ha sido descrita anteriormente para el caso de la ascidea *Styela clava* Herdman, 1882 (Ortea y Vizcaíno, 1981) y el gasterópodo *Cyclope neritea* (L., 1758) (Sauriau, 1991). Este mismo autor, basándose en las variaciones climáticas de los últimos 20 años en el golfo de Vizcaya y el mar Mediterráneo, concluye que las condiciones hidroclimáticas en la parte sur del golfo de Vizcaya son similares a las de las lagunas costeras mediterráneas francesas. Este hecho podría explicar en parte la buena aclimatación de *B. semibranchiata* en la ría Urumea.

AGRADECIMIENTOS

A José María Ruiz Passicot por la ayuda prestada en la recogida de muestras, así como a dos revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Bailey-Brock, J. H. 2000. A new record of the Polychaete *Boccardia proboscidea* (Family Spionidae) imported to Hawaii with oysters. *Pacific Science* 54 (1): 27-30.
- Blake, J. A. 1979. Revision of some polydorids (Polychaeta: Spionidae) described and recorded from British Columbia by Edith and Cyril Berkeley. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 92: 606-617.
- Blake, J. A. 1981. *Polydora* and *Boccardia* species (Polychaeta: Spionidae) from Western Mexico, chiefly from calcareous habitats. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 93: 947-962.
- Blake, J. A. 1983. Polychaetes of the family Spionidae from South America, Antarctica, and adjacent seas and islands. *Biology of the Antarctic Seas XIV. Antarctic Research Series* 39 (3): 205-288.
- Blake, J. A. 1986. A new species of *Boccardia* (Polychaeta: Spionidae) from the Galapagos Islands and a redescription of *Boccardia basilaria* Hartman from Southern California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 85: 16-21.
- Blake, J. A. y J. D. Kudenov. 1978. The Spionidae (Polychaeta) from southeastern Australia and adjacent areas with a revision of the genera. *Memoirs of the Natural Museum Victoria* 39: 171-280.
- Blake, J. A. y J. D. Kudenov. 1981. Larval development, larval nutrition and growth for two *Boccardia* species (Polychaeta: Spionidae) from Victoria, Australia. *Marine Ecology Progress Series* 6: 175-182.
- Blake, J. A. y K. H. Woodwick. 1971. A review of the genus *Boccardia* Carazzi (Polychaeta: Spionidae) with descriptions of two new species. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 70: 31-42.
- Capaccioni-Azzati, R. 1987. *Anélidos Poliquetos de la Ensenada de los Alfaques (Delta del Ebro, Mediterráneo Occidental)*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. Valencia, España: 533 pp.
- Day, J. H. 1967. A monograph on the Polychaeta of Southern Africa. 2 Sedentaria. *Publication of the British Museum (NH)* 656: 459-878.
- Fauvel, P. 1916. Anélides Polychètes des Iles Falkland recueillies par M. Rupert Vallentin Esqre (1902-1910). *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale* 55: 417-482.
- Fauvel, P. 1927. Polychètes sédentaires. Addenda aux Errantes, Archiannélides, Myzostomaires. *Faune de France* 16: 1-494.
- Gómez, J. y G. San Martín. 1985. Estudio faunístico ecológico de la taxocenosis de poliquetos y moluscos de la playa de la "Ribeira" (Asturias). 1. Resultados faunísticos. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 2 (3): 111-118.
- Guérin, J. P. 1990. Description d'une nouvelle espèce de spionidé (Anélides, Polychètes) *Boccardia semibranchiata*. *Annales de l'Institut Océanographique* 66 (1-2): 37-45.
- Guerra, A, C. Acosta y F. Espinos. 1987. Primeras experiencias de cultivo de almeja japonesa (*Tapes semidecussatus*) y ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) en la Ría de Ribadeo (N.W. de España). *Cuadernos Marisqueros. Pulicación Técnica* 12: 347-352.

- Handley, S. J. 1995. Spionid polychaetes in Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) from Admiralty Bay, Marlborough Sounds, New Zealand. *New Zealand Journal of the Marine and Freshwater Research* 29 (3): 305-309.
- Hartman, O. 1940. *Boccardia proboscidea*, a new species of spionid worm from California. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 30: 382-387.
- Hartman, O. 1941. Some contributions to the biology and life history of Spionidae from California. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 10 (2): 298-304.
- Hartman, O. 1966. Polychaeta Myzostomidae and Sedentaria of Antarctica. *Antarctic Research Series* 7: 1-158.
- Hartman, O. 1967. *Polychaetous Annelids collected by the USN Eltanin and staten island cruises, chiefly from Antarctic seas*. Allan Hancock Foundation. University of Southern California. Los Angeles, EE UU: 378 pp.
- Hartman, O. 1969. *Atlas of the Sedentariate Polychaetous Annelids from California*. Allan Hancock Foundation. University of Southern California. Los Angeles, EE UU: 812 pp.
- Hutchings, P. A. y S. P. Turvey. 1984. The spionidae of South Australia (Annelida: Polychaeta). *Transactions of the Royal Society of South Australia* 108: 1-20.
- Imajima, M. y O. Hartman. 1964. The polychaetous annelids of Japan. Part 2. *Allan Hancock Foundation Publications. Occasional Paper* 26: 279-280.
- Khlebovitch, V. V. 1959. Species of polychaete worms from the Kuril Islands which are new or recorded for the first time in the USSR fauna. *Zoologicheskii Zhurnal* 38: 167-181.
- Korringa, P. 1976. Farming the cupped oysters of the genus *Crassostrea*. A multidisciplinary treatise. *Dev. Aquacult. Fish. Sci.* 2: 1-224.
- Light, W. J. 1978. *Invertebrates of the San Francisco Bay Estuary System. Spionidae Polychaeta Annelida*. Boxwood Press. Pacific Grove. California, EE UU: 221 pp.
- Maciolek, N. J. 1990. A redescription of some species belonging to the genera *Spio* and *Microspio* (Polychaeta: Annelida) and descriptions of three new species from the northwestern Atlantic Ocean. *Journal of Natural History* 24: 1109-1141.
- Ortea, J. y A. Vizcaíno. 1981. Primera cita de *Styela clava* Herdman, 1882 (Tunicata: Ascidiacea) para el litoral ibérico. *Boletín de Ciencias de la Naturaleza IDEA* 27: 159-162.
- Pardal, M. A., A. M. Caldeira y J. C. Marques. 1992. Contribution to knowledge of the polychaete fauna of Portugal. Part I. Orbiniida, Cossurida and Spionida. *Ciênc. Biol. Ecol. Sist. (Portugal)* 12 (1/2): 1-25.
- Rainer, S. 1973. *Polydora* and related genera (Polychaeta: Spionidae) from Otago waters. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 3: 545-564.
- Read, G. B. 1975. Systematics and biology of polydorid species (Polychaeta: Spionidae) from Wellington Harbor. *Journal of the Royal Society of New Zealand* 5: 395-419.
- Rioja, E. 1931. Estudio de los Poliquetos de la Península Ibérica. *Memorias de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie Zoológica* 34: 71-73.
- Sardá, R. 1984. *Estudio sobre los Poliquetos de las zonas mediolitoral e infralitoral en la región del Estrecho de Gibraltar*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona, España: 901 pp.
- Sauriau, P. G. 1991. Spread of *Cyclope neritea* (Mollusca: Gastropoda) along the north-eastern Atlantic coasts in relation to oyster culture and to climatic fluctuations. *Marine Biology* 109: 299-309.

Influencia de las características del hilo de siembra en el cultivo experimental de *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar y *Laminaria saccharina* (L.) Lamouroux (Laminariales, Phaeophyta)

J. M. Salinas¹, J. Cremades², C. Peteiro¹ y C. Fuertes¹

¹ Planta de Cultivos de Algas El Bocal. Instituto Español de Oceanografía. E-39080 Monte-Santander (Cantabria), España. Correos electrónicos: juanma.salinas@st.ieo.es; peteiro@st.ieo.es; carmen.fuertes@st.ieo.es

² Departamento de Biología Animal, Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de A Coruña. Campus da Zapateira, s/n. E-15071 A Coruña, España. Correo electrónico: creuga@udc.es

Recibido en septiembre de 2004. Aceptado en mayo de 2006.

RESUMEN

La viabilidad del cultivo industrial de *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar y *Laminaria saccharina* (L.) Lamouroux según el sistema de cultivo occidental requiere que en una fase previa de laboratorio se obtengan colectores con hilo de siembra rico en embriones que se desarrollarán en la fase de cultivo en el mar. En el presente trabajo se atiende a la influencia que tienen en la densidad final de plántulas la naturaleza del hilo de siembra y el número de tratamientos previos a los que es sometido. Los resultados muestran claramente que el hilo trenzado tiene mejores cualidades para ambas especies, en particular para *L. saccharina*, y que para conseguir una densidad adecuada de embriones es suficiente someterlo a un único tratamiento de incremento de su microestructura.

Palabras clave: Algas marinas alimentarias, wakame, kombu de azúcar, cultivo en laboratorio, península Ibérica.

ABSTRACT

Impact of collector string characteristics on experimental culture of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar and *Laminaria saccharina* (L.) Lamouroux (Laminariales, Phaeophyta)

The viability of industrial culture of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar and *Laminaria saccharina* (L.) Lamouroux using Western techniques requires an indoor phase to obtain collector strings on which many sporophytes are attached, which can then develop during the mariculture phase.

The present paper studies the impact on final sporophyte richness of the characteristics of the string, and its number of previous treatments. Plaited string was clearly superior for both species, and a single previous treatment was enough to guarantee a suitable density of sporophytes for seeding.

Keywords: Edible seaweed, wakame, sugar kombu, indoor culture, Iberian Peninsula.

INTRODUCCIÓN

Undaria pinnatifida (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta) es una especie originaria de Japón, Corea y China (Akiyama y Kurogi, 1982) que durante los últimos años ha ampliado enormemente su área de distribución a otros países y continentes. En las costas españolas, esta especie se introdujo en la ría de Arousa (Galicia, noroeste de España) en 1990 (Cremades Ugarte, 1995), extendiéndose posteriormente a otras localidades, tanto gallegas como asturianas (Salinas, Llera y Fuertes, 1996; Pérez Ruzafa, Menéndez y Salinas, 2002). El wakame, nombre con el que se conoce a esta especie, es utilizado en la alimentación humana por sus excelentes cualidades nutricionales (alto contenido en proteínas, fibra, aminoácidos esenciales, vitaminas, etc.) y por el desarrollo de las técnicas de su cultivo y procesado industrial (Indergaard y Jensen, 1991; Yamanaka y Akiyama, 1993). Estos cultivos tuvieron su inicio a mediados del siglo pasado en el sudoeste asiático (Akiyama y Kurogi, 1982) y, mucho más recientemente, en Europa (Perez, Kaas y Barbaroux, 1984; Moigne, 1990; Pérez-Cirera *et al.*, 1997; Cremades *et al.*, 1997; Peteiro García, 2001) y América (Yamanaka y Akiyama, 1993); hoy, esta especie de macroalga alimentaria marina se ha situado la tercera en el mundo por importancia económica, al generar su comercialización unos 600 millones de dólares al año (Jensen, 1993).

Laminaria saccharina (L.) Lamouroux (kombu de azúcar), autóctona en las costas de la península Ibérica y frecuente solo en el noroeste (Izquierdo, Navarro y Gallardo, 1993), tiene, como *U. pinnatifida*, prometedoras aplicaciones en la alimentación humana por sus cualidades organolépticas y nutricionales. Está próxima, taxonómica y morfológicamente, a *Laminaria japonica* Areschoug (kombu), una de las tres principales especies de algas alimentarias del mundo, que cuenta con una gran tradición culinaria en los países asiáticos.

El primer experimento de cultivo de *L. saccharina*, orientado a obtener exclusivamente una gran producción de biomasa con fines industriales, fue el efectuado en las costas atlánticas de Estados Unidos, dentro del New York Marine Biomass Program (Brinkhuis *et al.*, 1984).

La incipiente pero prometedora industria española basada en la explotación, procesado y comercialización de estas especies necesita el desarrollo

de sus técnicas de cultivo, ya que la explotación de los bancos naturales no debe ser el fundamento de una iniciativa industrial, por cuestiones tan obvias como la localización de los mismos, las variaciones cualitativas, cuantitativas y temporales de sus cifras de producción o las posibles consecuencias negativas ocasionadas sobre el medio si es incontrolada. Por ello, las líneas de investigación que se imponen actualmente son, en primer lugar, las de optimización y mejora de estos cultivos, con la rentabilidad de los mismos como objetivo prioritario para que el sector industrial esté interesado en su explotación.

La viabilidad del cultivo de las algas pertenecientes al orden Laminariales (Phaeophyta), como *U. pinnatifida* y *L. saccharina*, requiere reproducir todos los estadios de su ciclo vital digenético, diplobióntico y con una acentuada alternancia heteromórfica de generaciones (Fritsch, 1945), lo que obliga a dividir el cultivo en dos fases bien diferenciadas. La primera fase, de cultivo en laboratorio, se dedica a la obtención de gametofitos microscópicos que, sembrados en colectores y con técnicas de simulación ambiental, darán finalmente origen al hilo de siembra cargado de jóvenes esporofitos. En la segunda fase, de cultivo en el mar, este hilo sembrado es implantado sobre cabos portadores en la época adecuada con el objetivo del total desarrollo de los esporofitos en campos de cultivo; es la fase dominante del ciclo vital de estas algas y también la que tiene aplicaciones industriales.

En el presente trabajo se atiende a una de las partes de este proceso, en particular la influencia en la densidad de plántulas de la naturaleza y la microestructura del hilo de siembra. Esta variable es extraordinariamente importante, al determinar la densidad idónea de plántulas en el cultivo, lo que repercutirá notablemente en los resultados de producción del cultivo. La adecuada elección del tipo de hilo de siembra y la aplicación de los tratamientos a los que debe ser sometido conducirán a la densidad conveniente de plántulas fijadas sobre el hilo de semilla, con el mínimo gasto de cultivo de gametofitos en suspensión, una de las fases del cultivo que requiere más tecnología, medios y personal cualificado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la producción de gametofitos en laboratorio y la obtención de jóvenes esporofitos se ha se-

guido, en líneas generales, el método europeo en *free-living* (cultivo de gametofitos en suspensión) desarrollado por Perez *et al.* (1992). Los pasos seguidos en este método son: tratamiento de esporofitos maduros y obtención de zoosporas, germinación de las zoosporas, inicio y mantenimiento del cultivo en suspensión de gametofitos, inducción a la gametogénesis, siembra de los gametofitos sobre los colectores, fecundación y primeros estadios de desarrollo de los nuevos esporofitos. El estudio se realizó en las instalaciones de la Planta de Cultivos de El Bocal (Santander, norte de España) centro del Instituto Español de Oceanografía (IEO) diseñado para la investigación de cultivos de macroalgas a escala semiindustrial.

Para valorar la influencia de la microestructura del hilo de siembra en la fijación de gametofitos de *U. pinnatifida* y *L. saccharina* se utilizaron dos tipos de hilo de poliamida de 2 mm de diámetro análogos a los utilizados por Perez *et al.* (1992): hilo torsionado con una sección formada por tres círculos de hebras de monofilamentos de 25 µm, e hilo trenzado de sección formada por cuatro hebras, con el mismo tipo de monofilamentos (figura 1). La elección de estos dos tipos de hilo obedece a que son los principales comercialmente disponibles.

Ambos tipos de hilo fueron tratados previamente mediante dos hervidos de una hora de duración, lavados sucesivos con agua corriente y un lavado fi-

nal con agua destilada para eliminar los aditivos que contengan, principalmente ceras y siliconas impermeabilizantes, y que puedan dificultar la absorción de agua. Una vez secados, se les confirió una microestructura mediante 0 (control), 2, 4 y 6 lijados bidireccionales con piedra amoladora acanalada modelo Quassar de corindón tipo P60 y grano 000 100. Por último, los lotes de cada tipo de hilo fueron quemados con aire a 110 °C con el fin de retraer los monofilamentos rotos por el lijado, dotando a los hilos de microestructuras finales diferentes, proporcionales a la intensidad del lijado (figura 2).

Para realizar la siembra y el posterior cultivo de embriones, se utilizaron cinco porciones de 36 cm de cada tipo de hilo, montadas con gomas elásticas sobre colectores de 12 cm × 12 cm × 47 cm de acero inoxidable, tipo IEO-2. El germoplasma utilizado para las siembras procede de las colecciones del IEO, código GAL 15, con una densidad de 6,088 10⁵ células gametofíticas maduras (CGM) por ml para *U. pinnatifida*, y código LAMI N, con 6,092 10⁶ CGM/ml para *L. saccharina*. Se realizó una siembra a saturación, proyectando 125 ml de cultivo de cada germoplasma mediante pulverización sobre los colectores con los hilos de semilla, dejándolos escurrir a continuación durante 3 horas, en oscuridad y a 14 °C.

Las fases consecutivas de gametogénesis, fecundación y embriogénesis se realizaron en cámara os-

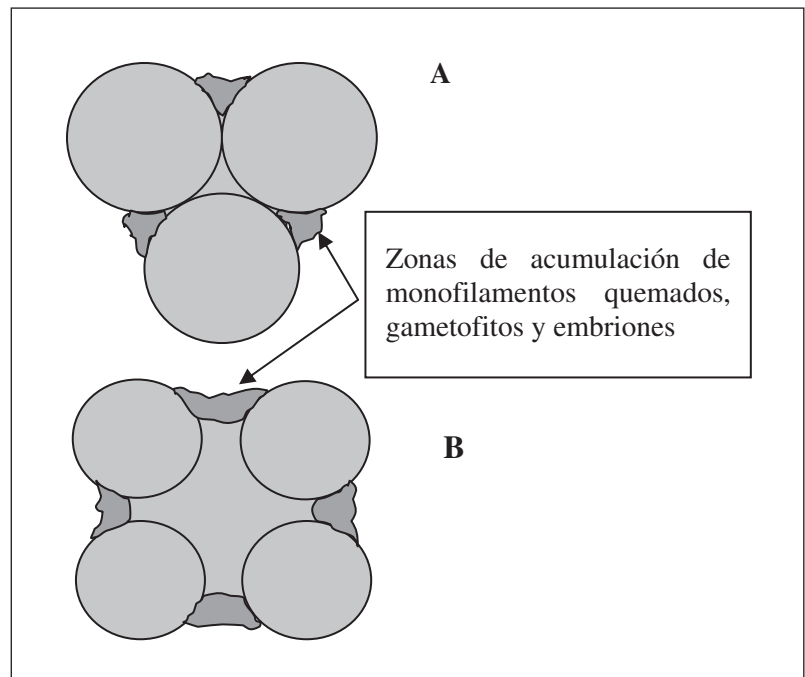


Figura 1. Representación esquemática de los hilos torsionado (A) y trenzado (B) con las zonas de agregación preferencial de embriones sobre las microestructuras obtenidas de la retracción de los monofilamentos como consecuencia del quemado.

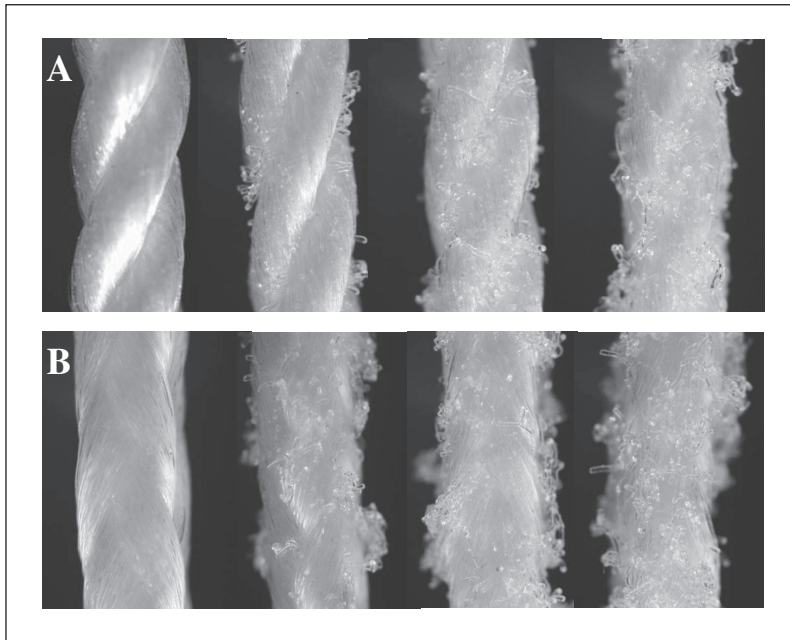


Figura 2. Aspecto de los dos tipos de hilo de poliamida de 2 mm de diámetro utilizados en el experimento después de 0, 2, 4 y 6 liados bidireccionales y el quemado final. (A): hilo torsionado; (B): hilo trenzado.

cura, en tanques de 1 375 l de capacidad con forma de prisma rectangular, aislados térmicamente, con iluminación lateral y superior y control de fotoperiodo, sistema de regulación de temperatura por intercambiador continuo, con 0,1 °C de precisión, y sistema hidrodinámico por inyección de aire estéril con control de flujo. La fase crítica de la introducción de los colectores en estos tanques se realizó en todos los casos a una velocidad controlada de 1 cm/s para minimizar el desprendimiento de gametofitos.

Para el cultivo se utilizó agua de mar filtrada a 0,4 µm enriquecida con 17,5 ppm de N-NO₃, 0,6 ppm de P-PO₄ y 0,2 ppm de Fe quelado. La iluminación se realizó con lámparas fluorescentes tipo Coral Star (Aquastar), con luz día y luz negra según las distintas fases del cultivo. La intensidad fue controlada con un quantómetro modelo LI-250 de la marca Licor con sensor esférico sumergible de medición de luz PAR global. Las condiciones físicas se ajustaron al cronograma de producción de plántulas del IEO.

A los 21 días de cultivo, es decir, cuando los gametofitos fijados han desarrollado ya embriones de unas 100-300 células de tamaño, se procedió a la toma de muestras para los recuentos. Para realizar este muestreo se cortaron para cada especie, aleatoriamente, 6 porciones de 10 mm de cada tipo de hilo, utilizando un microscopio estereoscópico para tal fin. Para los recuentos, los embriones fueron desprendidos mediante aplicación de ultrasonidos

y posteriores lavados sucesivos hasta su extracción total; a continuación, la suspensión de embriones obtenida se concentró por centrifugación, se resuspendió en un volumen de 6 ml de agua de mar estéril y se distribuyó en placas multipocillo en lotes de 0,25 ml.

En el tratamiento estadístico de los datos se emplearon distintos anova previa comprobación de la homogeneidad de varianzas intragrupo mediante la prueba de Levene. En los casos en que el anova reveló diferencias significativas entre las muestras, fue utilizada la prueba *post hoc* de comparaciones múltiples HSD de Tukey para conocer los subconjuntos homogéneos. Para todo el análisis de datos se aplicó el paquete estadístico SPSS para Windows, v. 11.0.

RESULTADOS

En cuanto a las características de los hilos, en sección transversal (figura 1) el hilo torsionado ofrece tres zonas de posible acumulación de gametofitos, frente a las cuatro, y más protegidas, que ofrece el hilo trenzado. Por otra parte, en este último tipo de hilo parece que la mejora de las características microestructurales para la fijación es, tras un único tratamiento, mucho más acentuada que en el torsionado (figura 2), seguramente porque el hilo trenzado, por su diseño, es más vulnerable a la acción de la piedra amoladora empleada para tal fin.

Con respecto a las características de los gametofitos femeninos obtenidos en cultivo en suspensión cabe destacar que son radicalmente opuestas en ambas especies. Mientras que los de *L. saccharina* son de muy pocas células y apenas están ramificados (figura 3A), los de *U. pinnatifida* forman largas cadenas con ramificaciones de varios órdenes (figura 3C). Por otra parte, los gametofitos de *L. saccharina*, a pesar de su pequeño número de células, dan lugar posteriormente a un elevado número de embriones (figura 3B), mientras que los de *U. pinnatifida*, aunque tienen muchas más células, producen un número de embriones proporcionalmente muy inferior (figura 3D).

En cuanto a las variaciones del número de embriones fijados de *L. saccharina* en cada tipo de hilo y tratamiento, en la tabla I y la figura 4 se ofrecen los datos obtenidos, sus correspondientes estadísticos descriptivos y la representación gráfica de los mismos. El anova realizado muestra que existen diferencias significativas al nivel del 95 % (p-valor = 0,000) entre las medias del número de embriones en los distintos tratamientos y tipos de hilo, y la prueba *post hoc* de comparaciones múltiples precisa que para cada tipo de hilo, y al mismo nivel de significación, las medias de este número son también distintas entre sí en todos los tratamientos (p-valor = 0,000).

Con respecto a la comparación de los resultados obtenidos entre ambos tipos de hilo, en la tabla II se muestran los datos obtenidos de los distintos anova realizados para un mismo tratamiento entre cada tipo de hilo. Como se puede observar, existen diferencias significativas a este respecto en todos los casos comparados, resultando siempre mayor el número medio de embriones, para un mismo tratamiento, en el hilo trenzado.

En el caso de *U. pinnatifida*, los datos obtenidos, sus correspondientes estadísticos descriptivos y la representación gráfica de las variaciones del número de embriones fijados en cada tipo de hilo y tratamiento se ofrecen en la tabla III y la figura 5. El anova realizado muestra que existen diferencias significativas al nivel del 95 % (p-valor = 000) entre las medias del número de embriones en los distintos tratamientos y tipos de hilo, y la prueba *post hoc* de comparaciones múltiples precisa que para cada tipo de hilo, y al mismo nivel de significación, las medias de este número son también distintas entre sí en todos los tratamientos (p-valor = 0,000).

Con respecto a la comparación de los resultados obtenidos entre ambos tipos de hilo, en la tabla IV se muestran los datos obtenidos de los distintos anova realizados para un mismo tratamiento entre cada tipo de hilo. Como se puede observar, no exis-

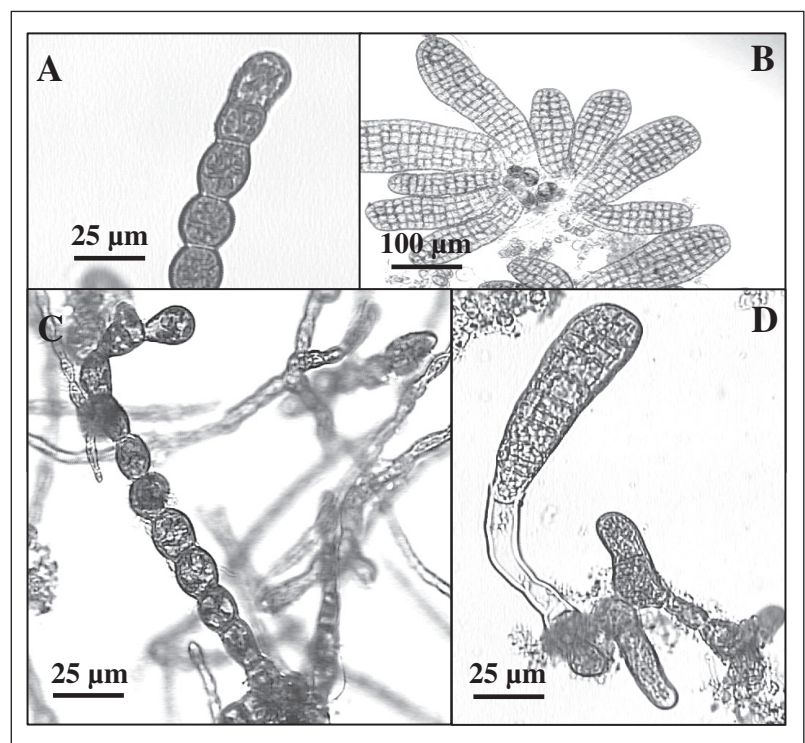


Figura 3. *Laminaria saccharina*: (A): gametofitos femeninos en el momento de la siembra; (B): cubierto de embriones a los 21 días de cultivo. *Undaria pinnatifida*: (C): gametofito femenino en el momento de la siembra; (D): con varios embriones en distinto estado de desarrollo a los 21 días de cultivo.

Tabla I. Valores obtenidos de los seis recuentos de embriones de *L. saccharina* por centímetro de hilo de semilla en cada uno de los tratamientos y tipos de hilo y sus correspondientes estadísticos descriptivos.

	N.º de muestra	N.º de tratamientos			
		0	2	4	6
Hilo trenzado	1	1 142	3 559	4 665	5 639
	2	1 308	3 703	4 302	5 491
	3	1 136	3 598	4 445	5 710
	4	1 372	3 410	4 517	5 520
	5	1 205	3 615	4 581	5 411
	6	1 227	3 492	4 610	5 762
	Media	1 231,7	3 562,8	4 520,0	5 588,8
Desv. típica	83,22	101,98	131,15	136,47	
		N.º de tratamientos			
	N.º de muestra	0	2	4	6
Hilo torsionado	1	940	1 998	3 234	3 826
	2	986	2 309	3 021	3 859
	3	1 125	2 424	3 051	4 131
	4	1 005	2 055	3 050	3 917
	5	1 107	2 319	3 120	4 022
	6	1 140	2 222	3 177	3 976
	Media	1 050,5	2 221,2	3 108,8	3 955,2
Desv. típica	83,90	164,83	83,62	112,43	

ten diferencias significativas a este respecto en ninguno de los casos comparados.

DISCUSIÓN

En *L. saccharina* el hilo trenzado tiene mejores cualidades para la fijación de embriones que el torsionado, ya que sin tratamiento alguno se obtienen en él densidades significativamente mayores que las obtenidas en el hilo torsionado. Por otra parte, parece que el grado de mejora en la fijación tras los tratamientos es mucho más acentuado también en el hilo trenzado, ya que, como se puede apreciar en la figura 4, este tipo de hilo, tras un único tratamiento de lijado bidireccional,

demuestra una eficacia superior a la mostrada por el hilo torsionado tras dos tratamientos consecutivos. Estos resultados sugieren que, al menos para esta especie, podría utilizarse hilo trenzado no sometido a ningún tratamiento de lijado, ya que la densidad de

Tabla II. Resultados obtenidos en los distintos anova realizados en la comparación, para un mismo tratamiento, del número de embriones de *L. saccharina* por centímetro de hilo de ambos tipos.

Trenzado vs. torsionado	Prueba de Levene	Anova	
N.º de tratamientos	p-valor (95 %)	F	p-valor (95 %)
0/0	0,955	12,52	0,005
2/2	0,225	287,49	0,000
4/4	0,391	493,88	0,000
6/6	0,420	512,17	0,000

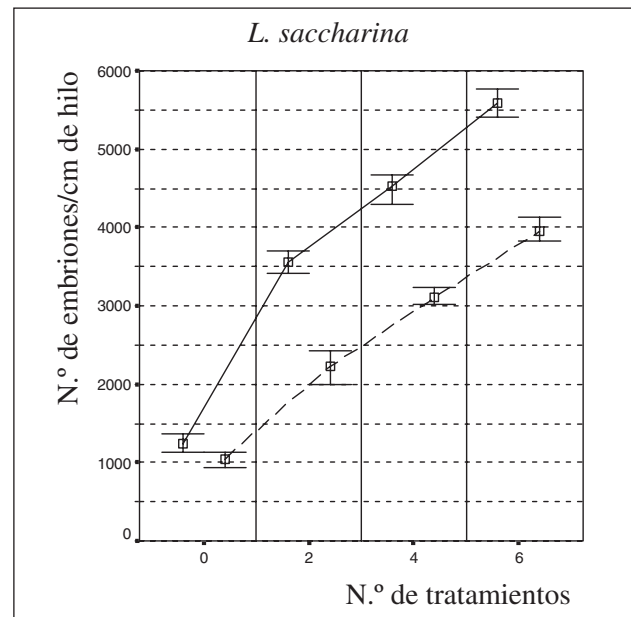


Figura 4. Representación gráfica de los valores máximo, mínimo y medio del número de embriones de *L. saccharina* por centímetro de hilo de semilla para cada tipo de hilo y tratamiento (trazo continuo: hilo trenzado; trazo discontinuo: hilo torsionado).

Tabla III. Valores obtenidos de los seis recuentos de embriones de *Undaria pinnatifida* por longitud de hilo de semilla en cada uno de los tratamientos y tipos de hilo y sus correspondientes estadísticos descriptivos.

	N.º de muestra	N.º de tratamientos			
		0	2	4	6
Hilo trenzado	1	7	174	193	276
	2	5	162	210	251
	3	6	144	222	226
	4	9	156	250	236
	5	4	123	184	213
	6	9	194	190	232
	Media		6,67	158,83	208,17
Desv. típica		2,06	24,45	24,85	21,98
		N.º de tratamientos			
	N.º de muestra	0	2	4	6
Hilo torsionado	1	4	162	189	281
	2	7	147	208	256
	3	4	195	263	272
	4	5	187	236	275
	5	5	174	242	315
	6	9	154	225	225
	Media		5,67	169,83	227,17
Desv. típica		1,97	18,86	26,12	29,64

embriones obtenida parece ser suficiente (un valor medio de 1 231,7 embriones por centímetro) (tabla I); sin embargo, este número prácticamente se triplica (3562,8) (tabla I) tras un único tratamiento de lijado, por lo que parece aconsejable someterlo al mismo.

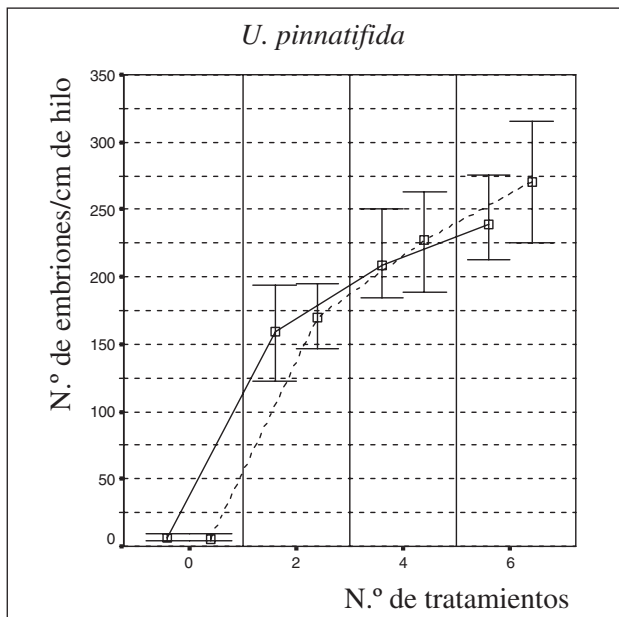


Figura 5. Representación gráfica de los valores máximo, mínimo y medio del número de embriones de *U. pinnatifida* por centímetro de hilo de semilla para cada tipo de hilo y tratamiento (trazo continuo: hilo trenzado; trazo discontinuo: hilo torsionado).

Las razones del mejor comportamiento del hilo trenzado frente al torsionado en *L. saccharina* deben buscarse en la morfología de los gametofitos de esta especie y en las diferencias en la estructura y en la respuesta al lijado. Como se ha visto, los gametofitos femeninos de esta especie obtenidos en cultivo en suspensión son de pequeño tamaño y muy poco ramificados, por lo que su fijación al hilo de semilla se ve a menudo comprometida, si bien los que consiguen fijarse producen una gran cantidad de embriones, cualidad característica de los mismos (figura 3, A y B).

En el caso de *U. pinnatifida*, los resultados muestran que, al contrario de lo que sucede en *L. saccharina*, ambos tipos de hilo, para cada tratamiento, tie-

Tabla IV. Resultados obtenidos en los distintos anova realizados en la comparación, para un mismo tratamiento, del número de embriones de *U. pinnatifida* por centímetro de hilo de ambos tipos.

Trenzado vs. torsionado	Prueba de Levene	Anova	
N.º de tratamientos	p-valor (95 %)	F	p-valor (95 %)
0/0	0,847	0,74	0,411
2/2	0,741	0,76	0,403
4/4	0,935	1,66	0,226
6/6	0,703	4,42	0,062

nen unas cualidades análogas con respecto al número de embriones que se desarrollan en ellos. La razón de esta diferencia de comportamientos podría buscarse también en el propio diseño de los hilos, pero pensamos que se encuentra principalmente en la distinta morfología de los gametofitos. Los de *U. pinnatifida* obtenidos en cultivo en suspensión son más grandes y ramificados que los de *L. saccharina*, lo que facilita su fijación al hilo de semilla y hace que las características microestructurales de los hilos sean entonces mucho menos relevantes. Sin embargo, en esta especie, los gametofitos que consiguen fijarse producen típicamente una cantidad de embriones mucho menor (figura 3C,D), de ahí las grandes diferencias cuantitativas que se pueden apreciar en todos los casos entre el número de embriones de *U. pinnatifida* frente a los de *L. saccharina*.

De manera mucho más notoria que en el caso de *L. saccharina*, se observa en *U. pinnatifida* un alto grado de mejora en la fijación de embriones tras los tratamientos del hilo, ya que, como se ilustra en la figura 5, se pasa de unos valores medios en los hilos trenzado y torsionado no sometidos a tratamiento de 6,67 y 5,67 embriones por centímetro respectivamente, a valores que superan éstos cerca de 25 veces tras un único tratamiento: 158,83 y 169,83 respectivamente (tabla III). Esto debe ser originado también por la morfología de los gametofitos, que sobre los hilos sin tratamiento no se fijan y, por su tamaño, apenas pueden refugiarse en las zonas de acumulación, mientras que por su alto grado de ramificación se fijan de manera masiva efectuando esta pequeña mejora en las características microestructurales del hilo. Es decir, que en esta especie es absolutamente necesario someter el hilo de semilla al menos a un único proceso de lijado bidireccional para optimizar la rentabilidad del cultivo industrial.

Es deseable que, como consecuencia de los estudios experimentales sobre los materiales implicados en la acuicultura de macroalgas, se pueda disponer en breve de hilos de siembra idóneos para las características biológicas de las especies cultivadas.

BIBLIOGRAFÍA

Akiyama, K. y M. Kurogi. 1982. Cultivation of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar, the decrease in crops from natural plants following crops increase from cultivation. *The Bulletin of Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory* 44: 91-100.

- Brinkhuis, B. H., E. C. Mariani, V. A. Breda y M. M. Brady-Campbell. 1984. Cultivation of *Laminaria saccharina* in the New York Marine Biomass Program. *Hydrobiologia* 116/117: 177-266.
- Cremades, J., J. M. Salinas, A. Granja, I. Bárbara, A. J. Veiga, J. L. Pérez-Cirera y C. Fuertes. 1997. Factores que influyen en la viabilidad y crecimiento de *Undaria pinnatifida* en cultivo: *fouling*, tamaño de plántula y periodos de aclimatación presiembra. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 7: 29-40.
- Cremades Ugarte, J. 1995. A introducción de algas marinas alóctonas nas costas de Galiza. *Cerna* 16: 12-15.
- Fritsch, F. E. 1945. *The structure and reproduction of the algae. II*. Cambridge University Press. Cambridge: 939 pp.
- Indergaard M. y A. Jensen. 1991. *Utnyttelse av marin biomasse*. Institutt for Bioteknologi, Norges Tekniske Høgskole. Trondheim, Noruega: 123 pp.
- Izquierdo, J. L., M. J. Navarro y T. Gallardo. 1993. Mapas de distribución de algas marinas de la Península Ibérica. IV. *Laminaria ochroleuca* Pylaie, *L. hyperborea* (Gunner.) Foslie y *L. saccharina* (L.) Lamour. *Botanica complutensis* 18: 291-304.
- Jensen, A. 1993. Present and future needs for algae and algal products. *Hydrobiologia* 260/261: 15-23.
- Moigne, J. Y. 1990. Culture de l'algue alimentaire Wakame (*Undaria pinnatifida*). En: *Les algues: une matiere premiere pour de nouveaux. Le point et les perspectives*. AAVV (eds.): 13-18. Association pour la Promotion Industrie Agriculture, Brest, Francia.
- Perez, R., R. Kaas y O. Barbaroux. 1984. Culture expérimentale de l'algue *Undaria pinnatifida* sur les côtes de France. *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches Marit.* 343: 16 pp.
- Perez, R., R. Kaas, F. Campello, S. Arbault y O. Barbaroux. 1992. *La culture des algues marines dans le monde*. Service de la Documentation et des Publications (SDP). Ifremer. Plouzane, Francia: 614 pp.
- Pérez-Cirera, J. L., J. M. Salinas, J. Cremades, I. Bárbara, A. Granja, A. J. Veiga y C. Fuertes. 1997. Cultivo de *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Phaeophyta) en Galicia. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)* 7: 3-28.
- Pérez Ruzafa, I., J. L. Menéndez y J. M. Salinas. 2002. Mapas de distribución de algas marinas de la Península Ibérica e Islas Baleares. XV. *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Fucophyceae). *Botanica complutensis* 26: 147-151.
- Peteiro García, C. 2001. *Cultivo experimental con fines industriales de Undaria pinnatifida (Laminariales, Phaeophyta) en la ría de Ares y Betanzos (A Coruña)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad de A Coruña. A Coruña, España: 65 pp.
- Salinas, J. M., E. M. Llera y C. Fuertes. 1996. Nota sobre la presencia de *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta) en Asturias (mar Cantábrico). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 12 (1): 77-79.
- Yamanaka, R. y K. Akiyama. 1993. Cultivation and utilization of *Undaria pinnatifida* (wakame) as food. *Journal of Applied Phycology* 5: 249-253.

Variability of physical factors relevant to fisheries production in the Mediterranean Sea, North Sea and Baltic Sea

J. Lloret ¹, G. Wegner ², J. Lleonart ³, K. I. Stergiou ⁴, J. M. Fromentin ⁵,
B. Mackenzie ⁶, U. Damm ² and P. Drakopoulos ⁷

¹ Department of Environmental Sciences, University of Girona, Campus Montilivi, E-17071 Girona, Spain.
E-mail: josep.lloret@udg.edu

² Institute for Sea Fisheries, Palmaille 9, D-22767 Hamburg, Germany. E-mail: gerd.wegner@ish.bfa-fisch.de

³ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. E-mail: jordi.lleonart@fao.org

⁴ Department of Zoology, Aristotle University of Thessaloniki, PO Box 134, GR-54006 Thessaloniki, Greece.
E-mail: kstergio@bio.auth.gr

⁵ Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale, Ifremer-IRD-UM2, Bd. Jean Monnet, BP 171,
F-34203 Sète, France. E-mail: jean.marc.frometin@ifremer.fr

⁶ Danish Institute for Fisheries Research, Kavalergaarden 6, DK-2920 Charlottenlund, Denmark. E-mail: brm@difres.dk

⁷ Institute of Marine Biology of Crete, PO Box 2214, GR-71003 Iraklio-Crete, Greece. E-mail: pdrak@her.hcmr.gr

Received April 2003. Accepted December 2006.

ABSTRACT

Recent publications have shown that river runoff and wind mixing are two major environmental factors affecting productivity of fish populations in subtropical and tropical areas, as opposed to water temperature in colder waters. In the present paper, we compare the variability of seawater temperature, river runoff and wind mixing in three different seas: a subtropical sea (the Mediterranean) and two cold seas (the North Sea and the Baltic). Temperature variability decreased from colder to warmer areas. The highest temporal variability in the river runoff corresponded to rivers flowing into the Mediterranean, and the lowest corresponded to rivers flowing into the North Sea and the Baltic Sea. The variability in the wind mixing index (cube of the wind speed) depended on the area under consideration, and attained maximum values in the Cap Béar station (northwestern Mediterranean). The effect of these regional variability differences in environmental factors on fisheries production is briefly discussed.

Keywords: Environmental variability, fisheries production, river runoff, wind mixing, water temperature.

RESUMEN

Variabilidad de factores físicos importantes para la producción pesquera en el mar Mediterráneo, Mar del Norte y el mar Báltico

Investigaciones recientes demuestran que las descargas fluviales y los vientos son factores ambientales clave para la productividad de las poblaciones explotadas en zonas subtropicales y tropicales, mientras que en mares fríos la temperatura del agua constituye el factor ambiental más importante para la productividad pesquera. Este estudio compara las diferencias geográficas en la variabilidad temporal de tres factores físicos (temperatura del agua, aportes fluviales y velocidad del viento) en un mar subtropical (Mediterráneo) y dos mares fríos (Mar del Norte y Báltico). La variabilidad temporal de la temperatura del agua es mayor en los dos mares fríos que en el subtropical. Así mismo, los ríos que desembocan en el Mediterráneo presentan mayor va-

riabilidad temporal en cuanto a los aportes fluviales que los ríos que desembocan en el Mar del Norte y el mar Báltico. La variabilidad temporal en el índice de mezcla del viento (velocidad del viento al cubo) es distinta según la zona que se considere, y es máxima en la estación de Cap Béar (Mediterráneo noroccidental). Finalmente, se discuten los efectos de esta variabilidad ambiental geográfica sobre las poblaciones explotadas.

Palabras clave: Variabilidad ambiental, productividad pesquera, descargas fluviales, vientos, temperatura del mar.

INTRODUCTION

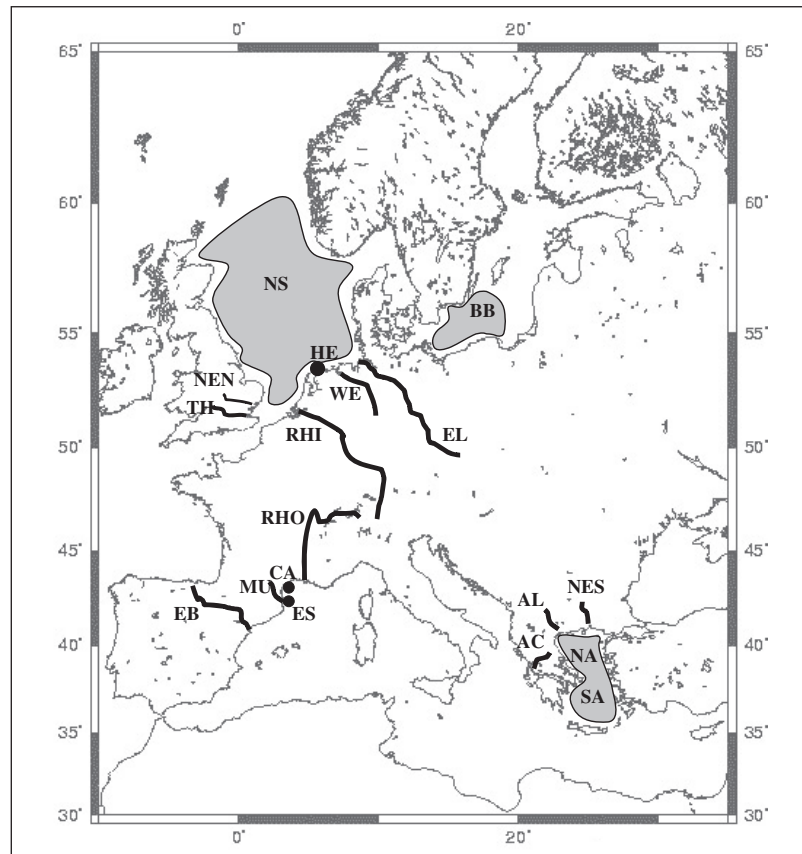
Whereas in relatively cold areas, such as the Baltic and North Seas, water temperature has been widely reported to impact fishery productivity (see e.g., Brander, 1995; Hare and Francis, 1995; Sundby, 1998; Rätz, Stein and Lloret, 1999; Hollowed, Hare and Wooster, 2001; Rätz and Lloret, 2005), in relatively warm and oligotrophic seas, such as the Mediterranean, and tropical areas, such as the Gulf of Mexico, fisheries production has been commonly related to physical factors enhancing fertilisation, such as river runoff and wind mixing (Dickson and Brander, 1993; Conway, Coombs and Smith, 1998; Stergiou, Christou and Petrakis, 1997; CAST, 1999; Grimes, 2001; Lloret *et al.*, 2001; Lloret *et al.*, 2004). All of these physical parameters vary widely, and are important features of the oceanographic and meteorological conditions in the study areas (Probst, 1989; Astraldi and Gasparini, 1992; Heburn, 1994; Fromentin and Ibanez, 1994; Stein, 1994; Poulos, Drakopoulos and Collins, 1997; Castellari, Pinardi and Leaman, 1998; CAST, 1999). However, there is little information about how the differences in variability of these physical factors between cold and warm seas may affect fish production.

The present study aims to compare temporal variability in three physical factors in three different seas: the Mediterranean Sea, the North Sea, and the Baltic Sea. The paper focuses on three physical factors –water temperature, river flow, and wind– which have been demonstrated to impact productivity (growth, recruitment or condition) of commercial fish species inhabiting these areas. This study does not aim to analyse the influence of physical factors on fisheries production; instead, it intends to find any evidence that the impact of a given physical variable on fish production is more probable in one area or location compared with another one, simply because there are differences in environmental variability among these areas or locations. The effects of environmental conditions on fish recruitment should be more detectable in areas of high variability.

MATERIALS AND METHODS

Oceanographic and meteorological data were obtained from different sites and sources, and in different years (table I, figure 1). Data included temperature, runoff and wind data from different oceanographic stations, areas and rivers. Temperature data were the monthly and annual mean sea surface temperature (0-5 m depth) recorded at Estartit oceanographic coastal station (Mediterranean) and Helgoland oceanographic island station (North Sea), and the monthly and annual mean SST (0-2 m depth) of the averages of the North Sea, the Bornholm Basin (Baltic Sea), and the Aegean Sea (Mediterranean), based on weekly observations (from research and commercial vessels). Runoff data from different rivers recorded downstream, near the mouth, included: the Rhône, the Ebro, the Muga, the Acheloos, the Nestos and the Aliakmon, flowing into the Mediterranean; and the Rhine, the Elbe, the Weser, the Thames and the Nene, flowing into the North Sea. Daily wind speed and direction were recorded at sea level in different areas: Helgoland meteorological island station (North Sea), Cap Béar meteorological coastal station (Mediterranean), and the average for the Aegean Sea (information based on vessel observations). We estimated a wind mixing index, which is the rate at which wind imparts mechanical energy from the ocean to produce turbulent mixing of the upper water column, and it is roughly proportional to the third power, or cube, of wind speed (Bakun and Parrish, 1991). Monthly and annual mean wind cubic speeds were derived after transformation of daily raw data into U and V components. Positive U values indicate wind blowing east to west, and V values indicate north to south. From the wind components, we calculated the mean monthly and mean annual scalar wind, which is the square root of $U^2 + V^2$. We used scalar wind as an indicator of the intensity of input of mechanical energy by the wind, which induces the turbulent mixing of the upper ocean. The present study focuses on wind mixing

Figure 1. Map of areas –North Sea (NS), Bornholm Basin/Baltic (BB), Northern Aegean (NA), Southern Aegean (SA)–, rivers –Thames (TH), Nene (NEN), Elbe (EL), Weser (WE), Rhine (RHI), Rhône (RHO), Muga (MU), Ebro (EB), Nestos (NES), Aliakmon (AL), Acheloos (AC)– and oceanographic and meteorological stations –Helgoland (HE), Estartit (ES), Cap Béar (CA)– considered in this study



instead of wind-induced upwelling; this is because winds promoting upwelling are different from area to area, and in some areas, such as the northwestern Mediterranean, nutrient enrichment is mainly through wind mixing rather than upwelling.

Time series of environmental variables were described by calculating the seasonal component and the trend by means of multiple moving averages, using the time series statistical package Tess (Prat, Catot and Sole, 2001). This software is based on arima (autoregressive integrated moving average) models (Box and Jenkins, 1976). Whereas the seasonal component (i.e. seasonal variability) shows spectral peaks at seasonal frequencies (the seasonal value for a given month is the percentage above/below the annual mean), the trend represents the smoothed evolution of the series. Tess software fits the best trend for each time series using the optimum filter in each case after considering the length of the time series, the seasonal pattern, and the magnitude of interannual fluctuations. For each time series, the monthly mean seasonal values were computed using all available data, as shown in table I.

Furthermore, we analysed the coefficient of variation (CV) for annual mean river runoffs and

scalar wind, while we computed the SD for the annual mean water temperatures because CV is calculated only for ratio scale data, whereas it is not valid for temperature data measured on the Celsius or Fahrenheit scales (Sokal and Rohlf, 1981).

Because area averages are less variable than data registered at single locations (stations), we compared variability in temperature and wind speeds between stations (i.e. Cape Béar versus Helgoland) and between areas (i.e. Northern Aegean versus Southern Aegean).

RESULTS

Water temperature

There were marked seasonal fluctuations of water temperature, as well as geographic differences in variability between areas (figure 2). At the Estartit coastal station (northwestern Mediterranean), interannual fluctuations were nearly absent, and only a constant warming trend was observed (figure 2). Maximum water temperatures occurred from June through October in all areas (figure 3A,B). Water

Table I. Data on the physical factors studied at the different areas, together with the sources and the S.D. and C.V. values of annual means

Variable	Area/station/River	Area	Time series	Source	S.D.	C.V. (%)
Water temperature (0-5m depth)	Estartit station	Northwestern Mediterranean	1974-1997	Mr Josep Pascual (Spain); Estartit oceanographic station	0.44	
	Helgoland station	Southern North Sea	1960-1995	Biologische Anstalt Helgoland (Germany); island station	0.64	
SST	Northern Aegean Sea	Eastern Mediterranean	1960-1997	COADS data base; vessel trips	0.39	
	Southern Aegean Sea	Eastern Mediterranean	1960-1997	COADS data base; vessel trips	0.27	
	North Sea	North Sea	1971-1998	Bund. für Seesch. und Hydrogr. (Germany); vessel trips	0.49	
	Bornholm Basin	Baltic Sea	1960-1997	ICES (Denmark); research cruises	0.91	
River flow	Rhône	Northwestern Mediterranean	1955-1999	Compagnie National du Rhône (France)		19
	Muga	Northwestern Mediterranean	1973-1998	Servei d'Hidrologia de Catalunya (Spain)		83
	Ebro	Western Mediterranean	1955-1999	Confederación Hidrográfica del Ebro (Spain)		40
	Acheloos	Eastern Mediterranean	1965-1988	Institute of Marine Biology of Crete (Greece)		19
	Aliakmon	Eastern Mediterranean	1962-1981	Institute of Marine Biology of Crete (Greece)		38
	Nestos	Eastern Mediterranean	1965-1989	Institute of Marine Biology of Crete (Greece)		29
	Rhine	North Sea	1956-1998	Deutsches Ozeanogr. Datenzentrum (Germany)		21
	Weser	North Sea	1956-1998	Deutsches Ozeanogr. Datenzentrum (Germany)		31
	Elbe	North Sea	1956-1998	Deutsches Ozeanogr. Datenzentrum (Germany)		28
	Thames	North Sea	1955-1999	National Water Archive, Centre for Ecol. & Hydr. (UK)		31
Wind mixing index (W^3)	Nene	North Sea	1955-1987	National Water Archive, Centre for Ecol. & Hydr. (UK)		33
	Cape Béar	Northwestern Mediterranean	1968-1998	Météo France (France); meteorological station		36
	Northern Aegean Sea	Eastern Mediterranean	1960-1997	COADS data base; vessel trips		22
	Southern Aegean Sea	Eastern Mediterranean	1960-1997	COADS data base; vessel trips		14
	Helgoland	Southern North Sea	1956-1997	Deutscher Wetterdienst (Germany); meteorological station		20

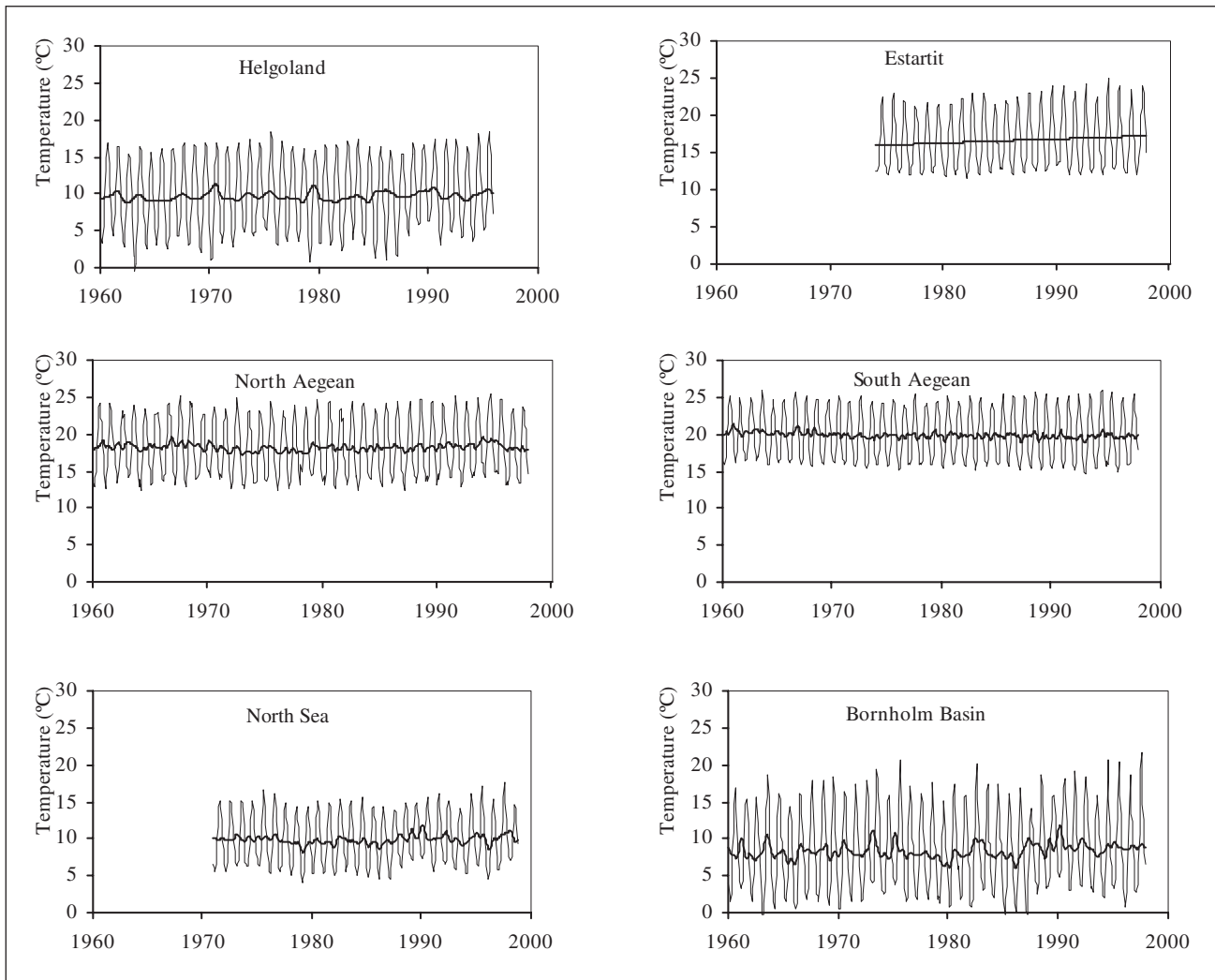


Figure 2. Time series of monthly means (thin line) and trend (thick line) of surface water temperature (0-5 m depth) at two oceanographic coastal stations (Helgoland, North Sea and Estartit, northwestern Mediterranean); and monthly means of sea surface temperature (SST) obtained from vessel trips covering different areas: Northern Aegean, Southern Aegean, North Sea and Bornholm Basin (Baltic Sea)

temperatures at the Helgoland island station (North Sea) were more variable than at the Estartit coastal station (western Mediterranean) as shown by the seasonal values (figure 3A) and the SD of annual values (table I). In addition to this, the largest fluctuations of SST (highest seasonal and SD values) occurred in the Bornholm Basin (Baltic), followed in order of magnitude by the North Sea, the Northern Aegean (Mediterranean) and the Southern Aegean (Mediterranean; figure 3B and table I).

River flow

Mean monthly river flows varied widely (figure 4). Minimum river flows occurred during the

warmer months (i.e. from June through October; figure 3C,D). With the exception of the Rhône River, the monthly runoffs of the rivers flowing into the Mediterranean (Ebro, Muga, Acheloos, Aliakmon and Nestos) showed a negative long-term trend (figure 4). This is in contrast to rivers flowing into the North Sea, which did not show any long-term trend (figure 4). Again, with the exception of the Rhône, those rivers flowing into the Mediterranean had higher seasonal values (figure 3C) than those flowing into the North Sea (figure 3D). In addition to this, three rivers flowing into the Mediterranean (Ebro, Aliakmon and Muga) displayed the highest interannual variability (highest CV values; table I).

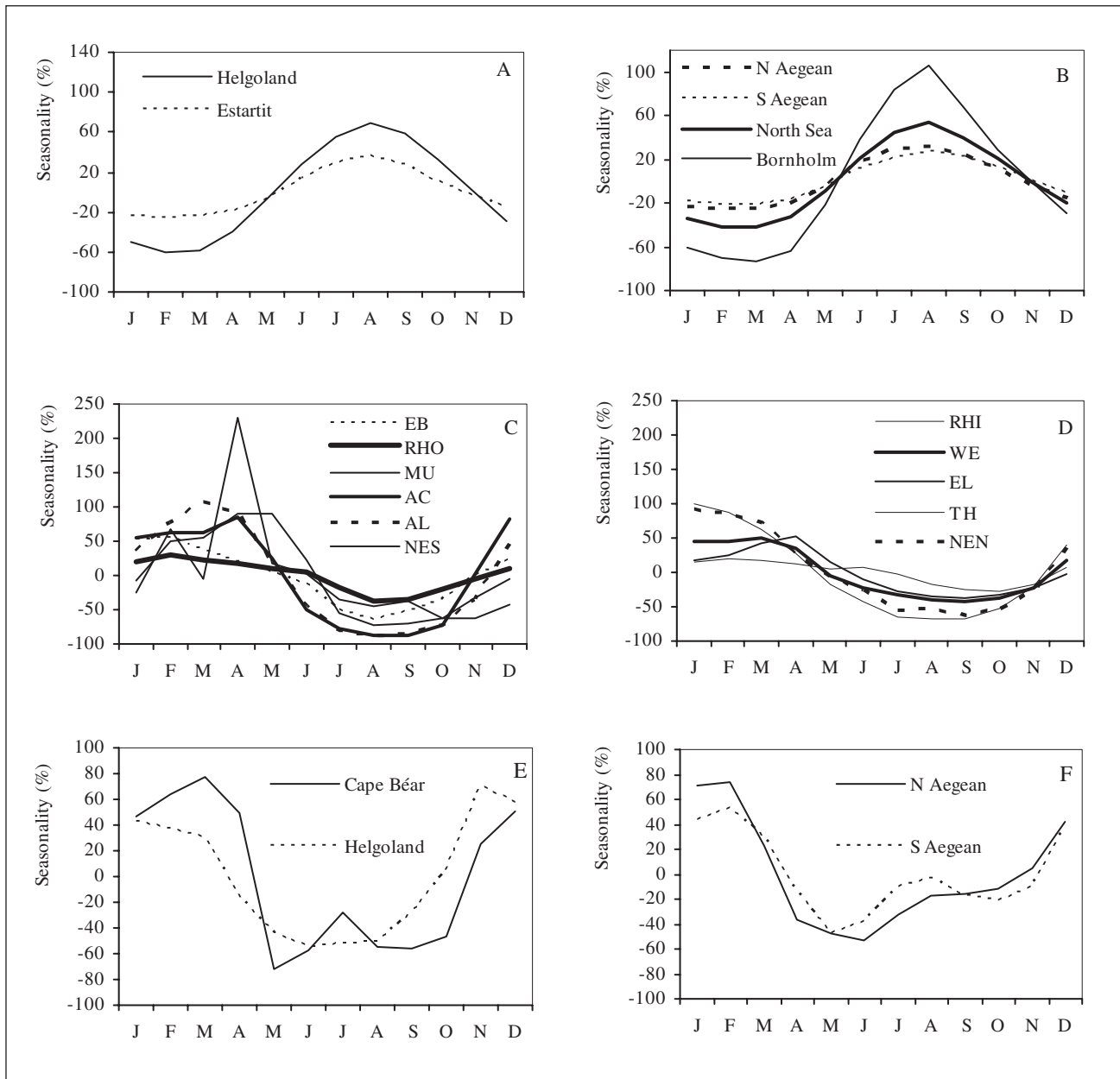


Figure 3. Mean seasonal patterns (in % above/below the annual mean) of (A): surface water temperature (0-5 m depth) at Helgoland and Estartit oceanographic stations; (B): sea surface temperature (SST) obtained from vessel trips covering different areas (Northern Aegean, Southern Aegean, North Sea and Bornholm Basin); (C): runoffs of rivers flowing into the Mediterranean; (D): runoffs of rivers flowing into the North Sea; (E): wind mixing index (cube of the wind speed) in Cape Béar and Helgoland meteorological stations; and (F): wind mixing index (cube of the wind speed) in the Northern and Southern Aegean. River codes are: (EB): Ebro; (RHO): Rhône; (MU): Muga; (AC): Acheloos; (AL): Aliakmon; (NES): Nestos; (EL): Elbe; (WE): Weser; (RHI): Rhine; (TH): Thames; (NEN): Nene

Wind mixing index

Mean monthly values of the wind mixing index showed strong fluctuations (figure 5). Seasonally, maximum values at all sites occurred from October through March (figure 3E,F), although strong wind mixing also occurred during summer (July-August) in the Aegean Sea. CV annual values of the

wind mixing index were similar at all stations and areas. The Southern Aegean presented a lower interannual variability (lower CV) in the wind mixing index than the Northern Aegean (figure 5, table I), whilst this index shows greater interannual fluctuations in Cap Béar station (northwestern Mediterranean) than in Helgoland station in the North Sea (figure 5, table I).

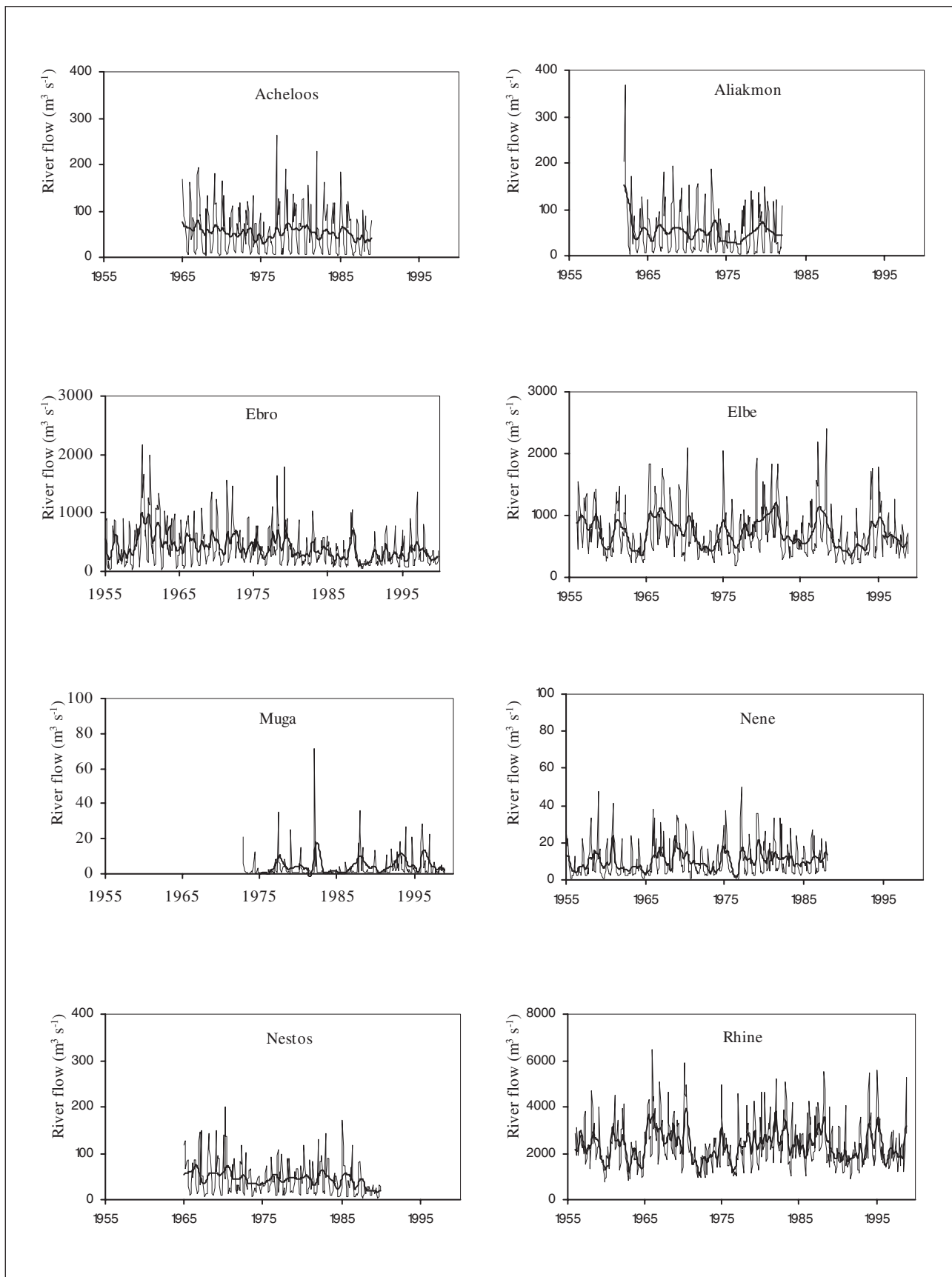


Figure 4. Time series of monthly means (thin line) and trend (thick line) of river runoffs

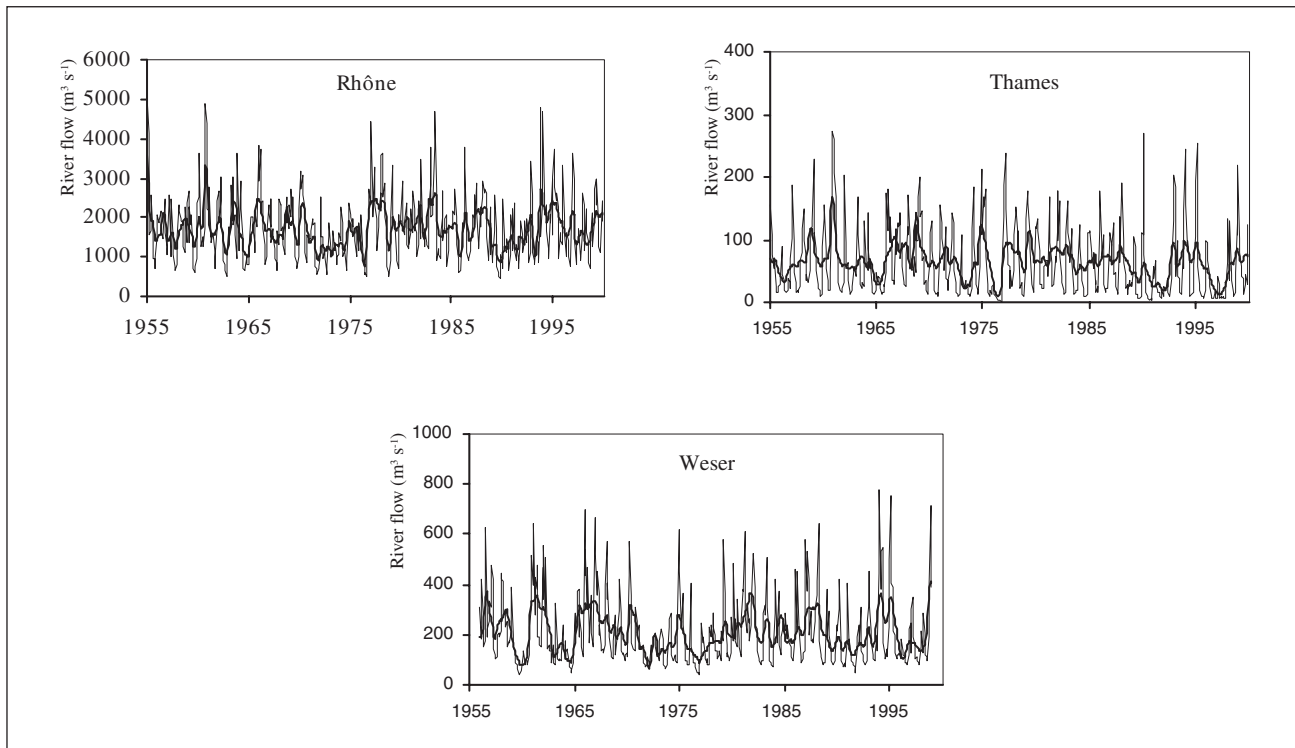


Figure 4 (continued)

DISCUSSION

The physical parameters studied showed spatial differences in temporal variability. There was a decrease in variability of water temperature from colder to warmer areas, i.e. from the Baltic to the North Sea, from the North Sea to the Mediterranean, and from the Northern to the Southern Aegean Sea. Amongst all rivers considered, the highest variability in runoff corresponded to rivers flowing into the Mediterranean. The variability in the wind mixing index (cube of the wind speed) depended on the area considered, and attaining maximum values at the Cap Béar station (north-western Mediterranean).

We may assume that under conditions of strong environmental variability, environmental impact on fish biology is more likely, easier to detect statistically. In fact, most of the significant correlations between fish production and physical variables have been observed in highly variable environments, such as upwelling systems and the subarctic areas, and at the limits of the species' geographical ranges (Laevastu and Favorite, 1988; Myers, 1998; Planque and Frédou, 1999). In this context, our results suggest that: 1) evidence of an impact of water temperature on fish production could be detected

more easily in the Baltic and the North Seas than in the Mediterranean, because of the higher temperature variability in the former areas; 2) relationships between local fish production and river discharges are also more likely to be detected in areas where river runoff displays strong fluctuations, such as some flowing into the Mediterranean; and 3) the effect of wind mixing on fishery productivity may depend on the specific area (not sea) under study.

Apart from environmental variability, other factors are also important for fish production, e.g. overexploitation (Laevastu and Favorite, 1988, degradation of fish habitats (Benaka, 1999) and pollution (CAST, 1999). The biological characteristics of a given species or population (e.g. growth, maturity, fecundity and behaviour) are adaptations to the ecosystem in which they are embedded (Love, 1974; Shulman and Love, 1999). Differences among rivers in the amount of runoff also imply differences in size of the sea area influenced by their river plumes. For example, water runoff of the Rhône is about three to four times that of the Ebro River, which implies that discharges of the former have a much broader area of influence once at sea than the discharge of the latter. Moreover, some areas have prevailing wind systems

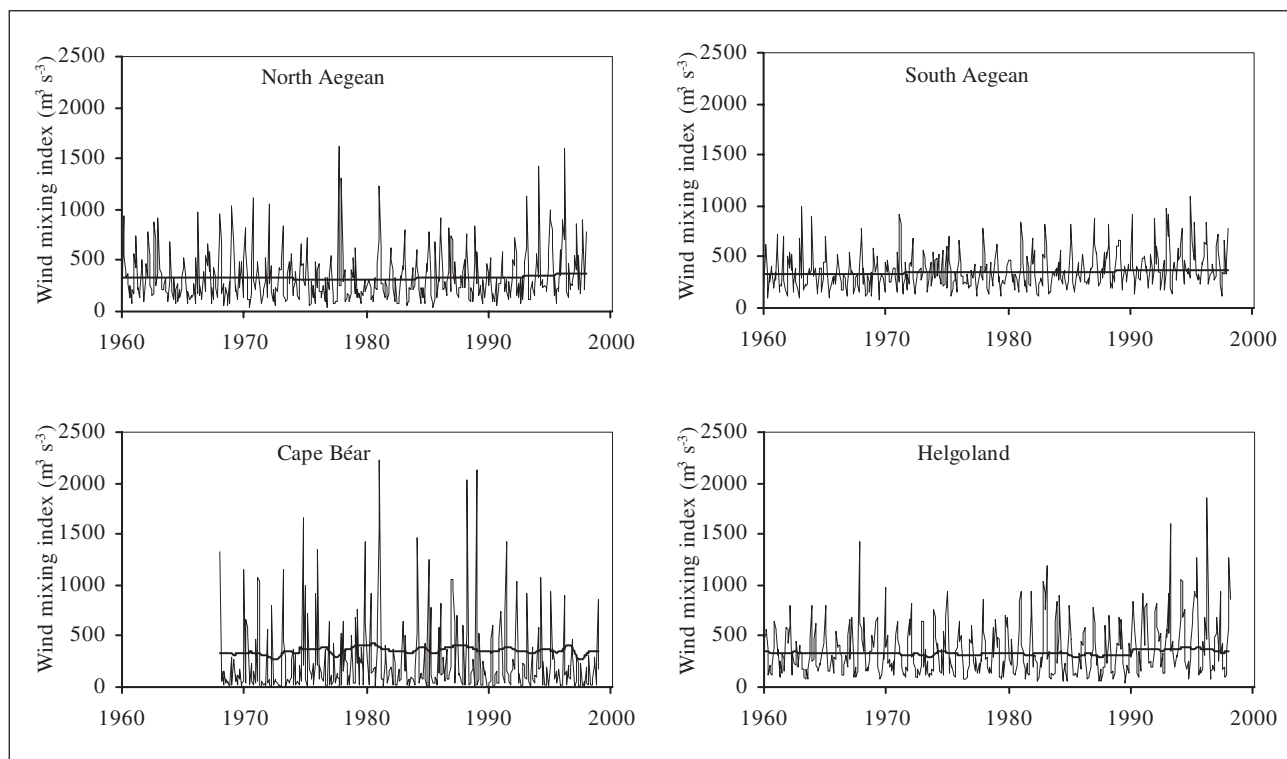


Figure 5. Time series of monthly means (thin line) and trend (thick line) of the wind mixing index (cube of the wind speeds) at different areas: North and Southern Aegean, Cape Béar (northwestern Mediterranean) and Helgoland (North Sea)

(e.g. northwestern Mediterranean), and thus are more sensitive to local wind anomalies than areas where wind direction is more variable (e.g. North Sea). It is known that near-coast upwelling, which is created by prevailing wind systems, is very sensitive to local wind anomalies (Laevastu, 1993). Finally, small changes in a physical factor may be more crucial for the productivity of a species than large changes in another factor, even if the former is less variable.

ACKNOWLEDGEMENTS

The present study was conducted under the concerted action Sustainable Fisheries: How Can the Scientific Basis for Fish Stock Assessments and Predictions Be Improved (SAP), funded by the European Commission. The authors are indebted to the staff from the following organisations who gathered and provided the data: Biologische Anstalt Helgoland, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Deutsches Ozeanographisches Datenzentrum and Deutscher Wetterdienst (Germany), Météo France and Compagnie National du Rhône (France); Mr Josep Pascual of

the Servei d'Hidrologia de Catalunya and Confederación Hidrográfica del Ebro (Spain); ICES (Denmark); Institute of Marine Biology of Crete (Greece), and Centre for Ecology & Hydrology (UK). We also thank two anonymous referees who contributed to improving the manuscript.

REFERENCES

- Astraldi, M. and G. P. Gasparini. 1992. The seasonal characteristics of the circulation in the North Mediterranean Basin and their relationship with the atmospheric-climatic conditions. *Journal Geophysical Research* 97 (C6): 9531-9540.
- Bakun, A. and R. H. Parrish. 1991. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: Te anchovy (*Engraulis anchoita*) of the southwestern Atlantic. *ICES. Journal of Marine Science* 48:343-361.
- Benaka, L. R. 1999. Summary of panel discussions and steps toward an Agenda for Habitat Policy and Science. In: *Proceedings of the Sea Grant Symposium on Fish Habitat: Essential Fish Habitat and Rehabilitation* (August 26-27, 1998. Hartford, Connecticut, USA.). L. R. Benaka (ed.): 1-20. American Fisheries Society. Bethesda, USA.
- Box, G. E. P. and G. M. Jenkins. 1976. *Time series analysis: Forecasting and control*. Prentice Hall. New York: 575 pp.

- Brander, K. 1995. The effect of temperature on growth of Atlantic cod (*Gadus morhua*, L.). *ICES. Journal of Marine Science* 52: 1-10.
- CAST. 1999. Gulf of Mexico Hypoxia: land and sea interactions. *Task Force Report* 134: 44 pp. Council for Agricultural Science and Technology, West Lincoln Way, Ames, USA.
- Castellari, S., N. Pinardi and K. Leaman. 1998. A model study of air-sea interactions in the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems* 18: 89-114.
- Conway, D. V. P., S. H. Coombs and C. Smith. 1998. Feeding of anchovy *Engraulis encrasicolus* larvae in the northwestern Adriatic Sea in response to changing hydrobiological conditions. *Marine Ecology Progress Series* 175: 35-49.
- Dickson, R. R. and K. M. Brander. 1993. Effects of a changing windfield on cod stocks of the North Atlantic. In: *ICES Symposium on cod and climate change* (August 23-27, 1993. Reykjavik, Iceland): 31 pp.
- Fromentin, J. M. and F. Ibanez. 1994. Year-to-year changes in meteorological features of the French coast area during the half past century: Examples of two biological responses. *Oceanologica Acta* 17: 285-296.
- Grimes, C. B. 2001. Fishery production and the Mississippi river discharge. *Fisheries* 26 (8): 17-26.
- Hare, S. R. and R. C. Francis. 1995. Climate change and salmon production in the Northeast Pacific Ocean. In: *Climate Change and Northern Fish Populations*. J. Beamish (ed.) 121: 357-372. Canadian Special Publications Fisheries and Aquatic Sciences. Nova Scotia, Canada.
- Heburn, G. W. 1994. The dynamics of the seasonal variability of the Western Mediterranean Circulation: Seasonal and interannual variability of the Western Mediterranean Sea. *Coastal and Estuarine Studies* 46: 249-285.
- Hollowed, A. B., S. R. Hare and W. S. Wooster. 2001. Pacific-basin climate variability and patterns of Northeast Pacific marine fish production. *Progress in Oceanography* 49: 257-282.
- Laevastu, T. 1993. *Marine climate, weather and fisheries*. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications. London: 620 pp.
- Laevastu, T. and F. Favorite. 1988. *Fishing and Stock Fluctuations*. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications. London: 355 pp.
- Lloret, J., I. Palomera, J. Salat and I. Solé. 2004. Impact of freshwater input and wind on landings of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) in shelf waters surrounding the Ebre River delta (northwestern Mediterranean). *Fisheries Oceanography* 13 (2): 102-110.
- Lloret, J., J. Leonart, I. Solé and J. M. Fromentin. 2001. Fluctuations of landings and environmental conditions in the north-western Mediterranean Sea. *Fisheries Oceanography* 10 (1): 33-50.
- Love, R. M. 1974. *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press. London: 375 pp.
- Myers, R. A. 1998. When do environment-recruitment correlations work? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 8: 285-305.
- Planque, B. and T. Frédou. 1999. Temperature and the recruitment of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 56: 2069-2077.
- Poulos, S. E., P. G. Drakopoulos and M. B. Collins. 1997. Seasonal variability in sea surface oceanographic conditions in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean): An overview. *Journal of Marine Systems* 13: 225-244.
- Prat, A., J. M. Catot and I. Sole. 2001. *TESS (System for Automatic Seasonal Adjustment and Forecasting Time Series)*. Department of Statistics, School of Engineering, Polytechnical University of Catalonia. Barcelona, Spain: 45 pp.
- Probst, J. L. 1989. Hydroclimatic fluctuations of some European rivers since 1800. In: *Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe*. G. E. Petts (ed.): 135 pp. John Wiley & Sons. New York.
- Rätz, H. J. and J. Lloret. 2005. Long-term variability of growth and recruitment of cod (*Gadus morhua*) off Greenland. *ICES Journal of Marine Science* 62: 1310-1321.
- Rätz, H. J., M. Stein and J. Lloret. 1999. Variation in Growth and Recruitment of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) off Greenland during the second half of the twentieth century. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science* 25: 161-170.
- Shulman, G. E. and R. M. Love. 1999. The biochemical ecology of marine fishes. In: *Advances in Marine Ecology*. A. J. Southward, P. A. Tayler and C. M. Young (eds.) 36: 1-360. Academic Press. London.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1981. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Freeman. New York: 887 pp.
- Stein, M. 1994. Environmental overview in the Northern Atlantic area - With emphasis on Greenland. *NAFO Scientific Council Report* 97/70: 1-15.
- Stergiou, K. I., E. D. Christou and G. Petrakis. 1997. Modelling and forecasting monthly fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariate time series methods. *Fisheries Research* 29: 55-95.
- Sundby, S. 1998. Some considerations about temperature as a direct and indirect environmental factor influencing growth and recruitment in fish stocks, exemplified by cod stocks in the north Atlantic. In: *Second SAP (Sustainable Fisheries) Meeting* (October 13-17, 1998. Barcelona, Spain). Ø. Ulltang (ed.): 186 pp. European Commission (DG XIV). Brussels, Belgium.

Using time series methods for completing fisheries historical series

I. Preciado¹, A. Punzón¹, J. L. Gallego² and Y. Vila³

¹ Centro Oceanográfico de Santander, Instituto Español de Oceanografía, Promontorio de San Martín, s/n, Apdo. 240, E-39080 Santander, Cantabria, Spain. E-mail: ipreciado@st.ieo.es; antonio.punzon@st.ieo.es

² Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Cantabria, Avda. de los Castros, s/n, E-39005 Santander, Cantabria, Spain. E-mail: gallegoj@unican.es

³ Unidad de Biología Pesquera, Instituto Español de Oceanografía, Puerto Pesquero, Muelle de Levante, s/n, Apdo. 2609, E-11006 Cádiz, Spain. E-mail: yolanda.vila@cd.ieo.es

Received March 2004. Accepted December 2006.

ABSTRACT

The so-called *baca* trawl fleet of the port of A Coruña working in the VIIIc ICES Division Area has been used since 1985 as the tuning fleet for the analytical assessment of the southern stock of hake *Merluccius merluccius* (L., 1758). The historical series of cpue dates from 1983 to 2000 with data missing from 1998. From January 1999, landings were estimated by means of monthly samplings in port. The predictions of the arima model fit the 1983-1997 series, and estimates of the transfer function model from the 1983-2000 series made it possible to complete the series, and to detect errors and possible changes in the orientation of the fleet. The comparison of the two models confirms the series's stability over time, validating the estimates made in the last two years.

Keywords: Arima models, fisheries database, hake, time series, transfer function model.

RESUMEN

Empleo de modelos de series temporales para la mejora de la calidad de las series históricas en pesquerías

La flota de *baca* del puerto de A Coruña que opera en el área VIIIc del CIEM se usa desde 1985 como flota de calibración en la evaluación del stock sur de merluza *Merluccius merluccius* (L., 1758). Se dispone de una serie histórica mensual de cpue (1983-2000), excepto para 1998, año del que no se posee información. Desde enero de 1999 los desembarcos han sido estimados a partir de muestreos mensuales en lonja. Las predicciones efectuadas por el modelo arima ajustado a la serie 1983-1997 y las estimaciones del modelo de función de transferencia, considerando la serie 1983-2000, han permitido completar la serie, así como detectar errores o cambios en el comportamiento de la flota. La comparación de ambos modelos confirma la estabilidad de la serie, validando las estimaciones efectuadas en los dos últimos años.

Palabras clave: Modelos arima, bases pesqueras de datos, merluza, series temporales, modelo función de transferencia.

INTRODUCTION

A major goal of fisheries databases is to obtain a census of catches and efforts of their fleets which are considered suitable for the elaboration of representative indices of catch rate (catch per unit effort). The application of such databases has been called into question, and there have been several recommendations aimed at improving estimates (Harley, Ransom and Dunn, 2001; ICES, 2002b), since nominal effort is used in most cases. Nevertheless, these indices must be estimated in some way, as they are used in the calibration of the analytical models used in the assessment of exploited stocks in ICES Working Groups.

The so-called *baca* trawl fleet of VIIIc ICES División waters is part of a demersal mixed-species fishery. The effort of the fleet making its landings in the port of A Coruña (northwestern Spain) is used as a tuning fleet in the assessment of the southern stock of hake *Merluccius merluccius* (L., 1758) (ICES, 2002a; ICES, 2002c). The landing data supplied to the ICES Working Group by the different partners come from log-books, official organisations of each partner, and/or directly from the sector. Catches and effort of this fleet are supplied voluntarily by the sector, and so different problems arise in relation to them, such as the quality control of the data and missing data. The hake cpue time series (1983-2000) from the trawl fleet in the port of A Coruña (figure

1, table I) is incomplete, since monthly data on cpue are not available for 1998. In addition, values from January 1999 had to be estimated by trip sampling.

Historical series of cpue must be treated as time series (Hilborn and Walters, 1992), with the arima and transfer function models being fast and efficient tools for the analysis of time series of fisheries data (Stergiou and Christou, 1996; Stergiou, Christou and Petrakis, 1997) and the most commonly used to make short-term predictions (Mendelsohn, 1981; Fogarty, 1988; Stergiou, 1989; Lloret, Leonart and Solé, 2000; Parsons and Colbourne, 2000). The aim of the present paper is to use this type of model to complete the historical series and validate the estimates of total catch obtained from sampling exercises over the last two years of the series.

MATERIALS AND METHODS

Monthly hake landings and effort (fishing days by 100 HP) at A Coruña for VIIIc ICES División waters from 1983 to 1997 were supplied by fishermen's associations (all catch data come from landing statistics). As monthly hake landings were not available from 1998, a number of trips since 1999 were sampled, and the estimates thus obtained were later weighted to the total effort of the fleet to estimate its total monthly catch by species (for hake).

Table I. Total monthly cpue (fishing days per 100 HP) of *M. merluccius* from A Coruña trawl fleet in VIIIc ICES División waters (1983-2000). (-): no available data; (*): data estimated by trip sampling. Number of trips sampled in 1999 and 2000 are given in brackets

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1983	18.53	33.68	48.24	59.52	52.19	41.39	33.71	42.71	35.44	29.20	20.80	20.69
1984	20.81	49.34	44.05	54.34	39.06	27.23	17.54	16.69	18.06	13.04	9.40	6.21
1985	14.72	27.95	30.95	37.30	28.41	22.83	20.43	21.28	18.05	13.42	6.77	10.28
1986	12.24	22.38	28.82	27.31	31.33	24.85	19.72	20.47	22.72	18.54	13.87	10.57
1987	14.56	27.91	28.21	31.63	32.28	21.29	18.39	14.77	12.69	14.29	11.61	11.99
1988	14.14	31.22	26.32	24.91	19.54	16.61	15.49	11.32	12.77	7.97	9.03	13.10
1989	10.53	18.51	20.30	17.56	19.76	12.36	16.91	16.95	17.77	13.29	17.51	9.65
1990	22.04	23.60	17.96	24.92	22.45	16.52	14.45	13.87	14.00	10.46	8.36	12.47
1991	13.65	19.82	20.45	19.46	22.18	10.99	6.30	5.56	4.76	7.33	4.76	6.68
1992	15.37	21.95	23.20	24.03	20.89	15.39	10.28	7.06	11.47	10.88	11.76	10.40
1993	12.89	16.91	21.37	17.05	13.73	9.68	6.74	5.81	8.96	9.78	8.59	11.50
1994	18.02	15.48	11.83	12.69	8.46	7.07	5.53	12.49	16.86	14.26	8.91	12.06
1995	19.74	26.40	22.80	22.60	17.21	18.74	16.97	16.79	23.08	21.79	20.37	13.84
1996	19.38	33.03	32.05	22.81	27.91	22.48	15.95	13.88	18.51	12.15	11.97	9.79
1997	25.80	26.12	13.15	16.75	13.70	11.77	19.18	13.04	21.81	16.72	15.38	22.65
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999*	42.92 (2)	42.92 (3)	19.20 (42)	16.08 (39)	18.11 (34)	14.70 (41)	10.94 (45)	14.75 (27)	25.19 (25)	27.58 (34)	23.80 (33)	22.00 (23)
2000*	28.02 (27)	25.41 (37)	15.64 (47)	19.60 (51)	19.33 (51)	11.19 (53)	11.11 (56)	18.92 (41)	24.31 (47)	23.83 (51)	19.64 (49)	19.74 (43)
Mean	17.99	26.25	24.97	26.39	23.91	17.95	15.27	15.67	18.03	15.56	13.09	13.16

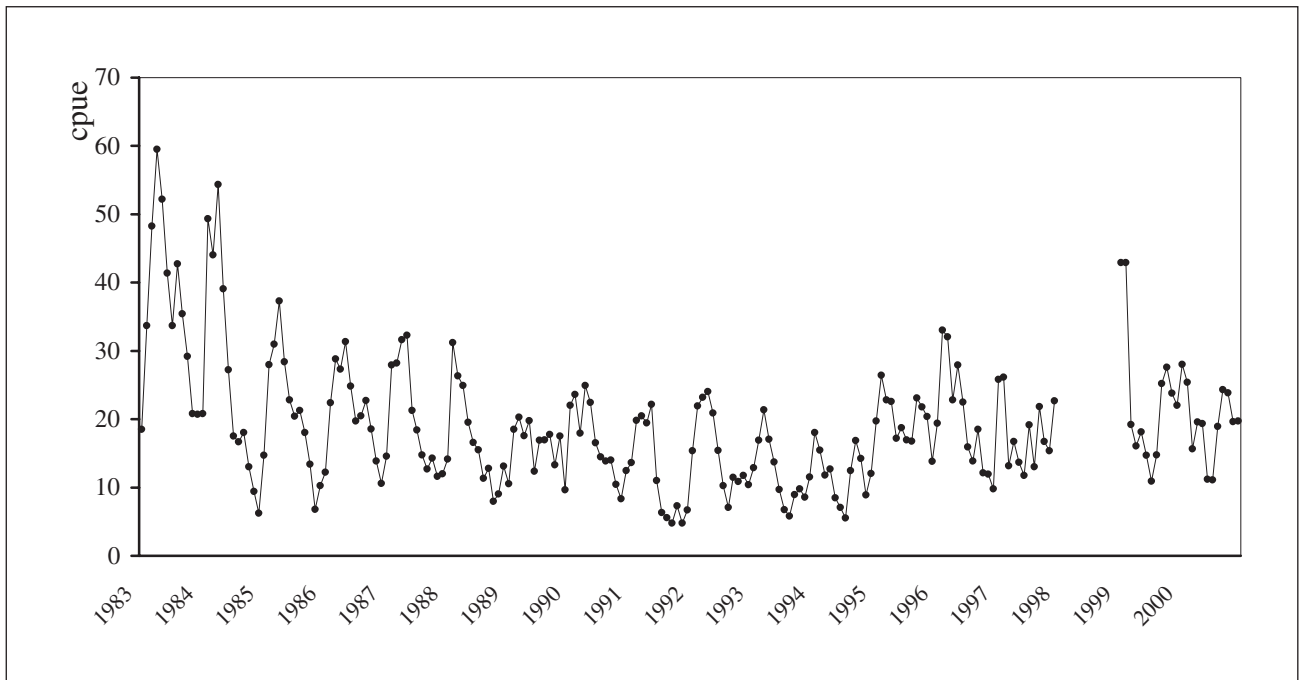


Figure 1. Hake monthly cpue time series (1983-2000) from A Coruña boca trawl fleet

Estimation of missing values with arima and transfer function models

Consecutive missing data in a seasonal time series can be estimated by computing the expectation of the unobserved random variable, given the rest of the data (Brubacher and Wilson, 1976; Damsleth, 1980; Abraham, 1981; Box, Jenkins and Reinsel, 1994; Peña, 1987, 2001). Here, we used a two-step procedure to calculate missing values. Statistical analyses were performed using Empiricus software. We started by building a multiplicative arima (p,d,q) (P,D,Q)_s model

$$\phi(B) \Phi(B^s) \nabla^d \nabla_s^D z_t = \theta(B) \Theta(B^s) a_t$$

$$t = 1, \dots, \tau$$

where B is the backshift operator such that $Bz_t = z_{t-1}$, $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p$ is the regular autoregressive polynomial, $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q$ is the regular moving-average polynomial, $\Phi(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_p B^{ps}$ is the seasonal autoregressive polynomial, $\Theta(B) = 1 - \Theta_1 B^s - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$ is the seasonal moving-average polynomial, $\nabla = 1 - B$ is the regular difference, $\nabla_s = 1 - B^s$ is the seasonal difference, d and D are integers, s is the seasonal period (s = 12 for monthly series), and a_t is a sequence of independently distributed normal variables having mean zero and variance σ_a^2 , usual-

ly referred to as a white noise process (Box, Jenkins and Reinsel, 1994).

This model can be used to predict unavailable data $z_{\tau+L}$ ($L \geq 1$) as a linear combination of the observations z_1, \dots, z_τ . The minimum mean square error (MMSE) prediction of $z_{\tau+L}$ made at the origin τ for lead time L, denoted by $\hat{z}_\tau(L)$ is the conditional expectation of $z_{\tau+L}$ at time τ and satisfies the difference equation

$$\phi(B) \Phi(B^s) \nabla^d \nabla_s^D \hat{z}_\tau(L) = 0$$

$$L > p + Ps$$

where B operates on the horizon L and $\hat{z}_\tau(L) = z_{\tau-1}$ for $L \leq 0$. These forecasts provided rough estimates for the missing values (January-December 1998). These data were introduced into the time series to predict 1999, and to compare them with observations. Similarly, predictions for 2000 were made and compared with the corresponding observations. To compare forecasted with observed values, the coefficient of determination was used (Stergiou, 1989).

Secondly, we built a transfer function model using the entire time series (1983-2000)

$$z_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} x_t + N_t$$

$$\phi(B) \Phi(B^s) \nabla \nabla_s N_t = \theta(B) \Theta(B^s) a_t$$

where the output z_t and the input x_t are linked by the transfer function $\omega(B)/\delta(B)$

$$\begin{aligned} \omega(B) &= \omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_m B^m \\ \delta(B) &= 1 - \delta_1 B - \dots - \delta_r B^r \end{aligned}$$

are polynomials of orders m and r , and the noise N_t is described by a multiplicative arima (p,d,q) $(P,D,Q)_s$. This model was used by Box and Tiao (1975) to estimate the effect of interventions on a given response variable. Following Peña (1987), to compute missing data using the transfer function model we began by replacing the 12 consecutive missing observations (January-December 1998) with zero values, which can be thought of as additive outliers resulting from an intervention at time τ . Next, we defined $x_t = \xi_t^{p,\tau}$ as a pulse variable

$$\xi_t^{p,\tau} = \begin{cases} 1, & t = \tau + 1 \\ 0, & t \neq \tau + 1 \end{cases}$$

whose transfer function is

$$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \Lambda - \omega_m B^m$$

and $\delta(B) = 1$. The coefficients $|\omega_j|$ provide the estimates for the missing values $z_{\tau+j}$. The estimation of this model requires an arima model to be identified for the noise, which was done in the first stage.

RESULTS

Arima modelling (1983-1997)

We described the univariate analysis of the hake cpue monthly time series from January 1983 to December 1997 using the Box-Jenkins iterative approach based on identification, estimation and diagnostic checking stages (Box, Jenkins and Reinsel, 1994). The identification of a tentative model for a seasonal time series was based mainly on the visual inspection of the plot (figure 1), sample autocorrelation function (SACF) and sample partial auto-

correlation function (SPACF) of Z_t and $\nabla \nabla_s Z_t$ (figure 2). Examination of these graphs for our series indicated that both regular and seasonal differences are needed to achieve stationarity. The SACF of $\nabla \nabla_s Z_t$ showed significant correlations at lags 1, 11, 12 and 13, whereas its SPACF was dominated by damped exponentials at lags 1, 12, 24, with significant positive coefficients at lags 11 and 23, suggesting that this time series could be described by a multiplicative IMA $(1,1)(1,1)_{12}$ process. Estimation by exact maximum likelihood based on the Ansley (1976) algorithm provided the results shown in table II. These diagnostic statistics, along with the SACF and cumulative periodogram for residuals of the model (figure 3), suggest that the model is satisfactory.

We used the model to forecast missing values from January 1998 to December 1998 (table III). Furthermore, this model provides a tentative specification for the noise of the dynamic regression model. Observations and predictions for 1999 were similar ($r^2 = 0.81$, $p < 0.01$), although unusually high values could be observed for January and February (figure 4). As the number of trips sampled during those months was very low, we removed this information from the historical series and treated it in the same way as the missing data from 1998. Similarly, comparisons between observations and predictions for 2000 ($r^2 = 0.70$, $p < 0.01$) are shown in figure 4.

Transfer function model (1983-2000)

The hake cpue time series was analysed for the period from January 1983 to December 2000, excluding the period between January 1998 and February 1999. These missing data were consid-

Table II. Estimated parameters, standard error (SE) and correlation coefficient (r^2) of model for the time series 1983-1997 and 1983-2000. \bar{a} : mean of the residuals; σ_a : standard error of the residuals; Q(K): Ljung-Box statistic computed from the first K residual autocorrelations; H(g): likelihood ratio test statistic for heteroscedasticity; JB: Jarque and Bera test statistic for normality

	Time series (1983-1997)		Time series (1983-2000)	
	Parameters	SE	Parameters	SE
θ	0.34	0.07	0.33	0.07
Θ	0.59	0.07	0.59	0.06
r^2	0.16		0.21	
	$\nabla \nabla_{12} Z_t = (1 - 0.34B)(1 - 0.59B^{12})a_t$		$\nabla \nabla_{12} N_t = (1 - 0.33B)(1 - 0.59B^{12})a_t$	
	$\bar{a} = 0.050$ (0.366)	$\sigma_a = 4.73$	$\bar{a} = -0.014$ (0.315)	$\sigma_a = 4.49$
	Q(39) = 49.1; H(3) = 2.23; JB = 0.56		Q(39) = 57.1; H(3) = 2.68; JB = 0.51	

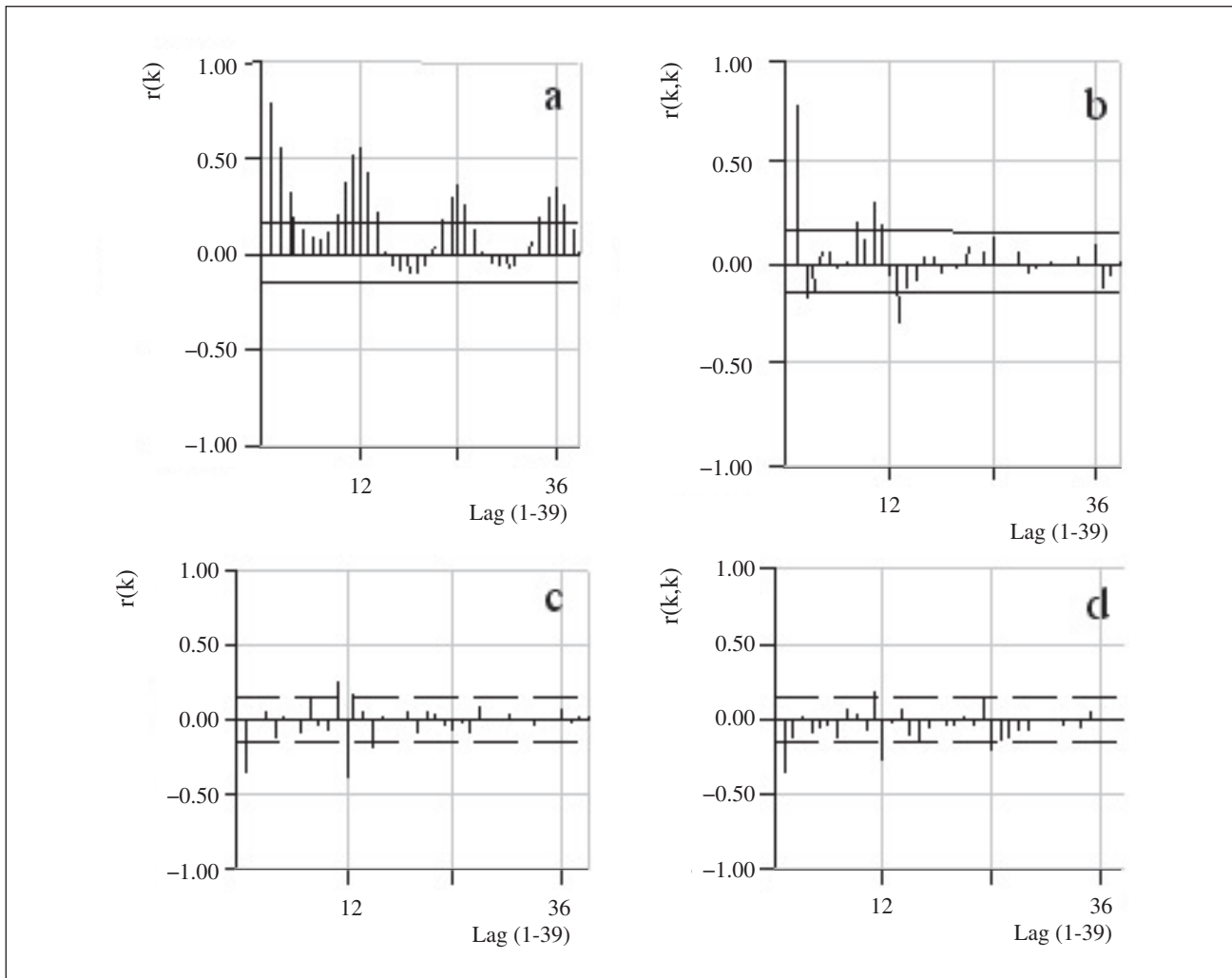


Figure 2. Identification tools for the series 1983-1997. (a): sample autocorrelation function for the series Z_t ; (b): sample partial autocorrelation function for the series Z_t ; (c): sample autocorrelation function for the series $\nabla\nabla_s Z_t$; (d): sample partial autocorrelation function for the series $\nabla\nabla_s Z_t$

Table III. Missing values of A Coruña cpue time series for 1998 and January and February 1999, estimated as forecasts $[\hat{z}_{\tau-1}(j+1)]$ and unit impulse response $(\hat{\omega}_j)$. (SE): standard error

j	$\hat{z}_{\tau-1}(j+1)$	SE	$(\hat{\omega}_j)$	SE
Jan-98	29.62	4.73	27.86	4.01
Feb-98	34.50	5.66	29.93	4.57
Mar-98	28.40	6.46	22.35	4.85
Apr-98	27.53	7.17	21.53	5.16
May-98	26.14	7.81	20.88	5.38
Jun-98	23.40	8.41	16.57	5.52
Jul-98	24.04	8.97	15.64	5.62
Aug-98	21.44	9.49	16.34	5.60
Sep-98	27.67	10.46	23.16	5.54
Oct-98	23.64	10.91	21.09	5.40
Nov-98	22.30	11.35	18.22	5.20
Dec-98	24.20	12.41	18.51	4.92
Jan-99	33.00	13.16	25.52	4.67
Feb-99	37.88	19.09	26.62	4.06

ered to be the effect of an intervention affecting the level for 14 consecutive months. Using the results from the previous analysis, the noise was described using an IMA(1,1)(1,1)₁₂ model. Estimation by exact maximum likelihood provided the results shown in table II. The estimates for the missing values were provided by the absolute values of the impulse response function (table III).

DISCUSSION

The results of the model that fit the partial series (1983-1997) and the entire series (1983-2000) are from an arima model (0,1,1)(0,1,1)₁₂, and are similar to the results found by Lloret, Leonart and Solé (2000) for hake in the Mediterranean Sea.

The parameters estimated by the two models, and therefore the observations obtained by sampling trips in 1999 and 2000, do not change the series's behaviour.

The transfer function model provided estimates of monthly cpue for 1998, for which information was not available, and for the data of January and February 1999. The inclusion of these data in the historical series enabled us to make predictions for the remainder of 1999 and to compare them with the observations. The differences between the values of the months of January 1999 and February 1999 can be explained by the small number of trips sampled these months (2 and 3, respectively). During the rest of the year, both trend and seasonality are similar. The observations made in this case can be validated except for January and February, in which the data that should be used are those estimated by the model. The results corresponding to 2000 reflect a similar trend and seasonality in predictions and observations. Nevertheless, the

predictions made by the model tend to overestimate cpue. As it is a mixed-species fishery, it should be taken into account that its orientation is subject to economic criteria and species accessibility among other factors, and that a monospecific approximation may be restrictive (Biseau, 1998). In addition, the abundance index used is not standardised, and so these variables, the technical characteristics of the fleet and the geographical references have not been taken into account (Hilborn and Walters, 1992; Salthaug and Godø, 2001). Moreover, part of the effort is targeting other resources (Punzón *et al.*, 2001; Punzón *et al.*, 2005) so that differences with observed values could be an indication of changes in the effort. Considering that in the development of this kind of model, the recent past has the greatest influence on predictions due to the condition of invertibility, this overestimate may indicate a change in yields and/or the orientation of the fleet in favour of other species in addition to hake. Stergiou (1989),

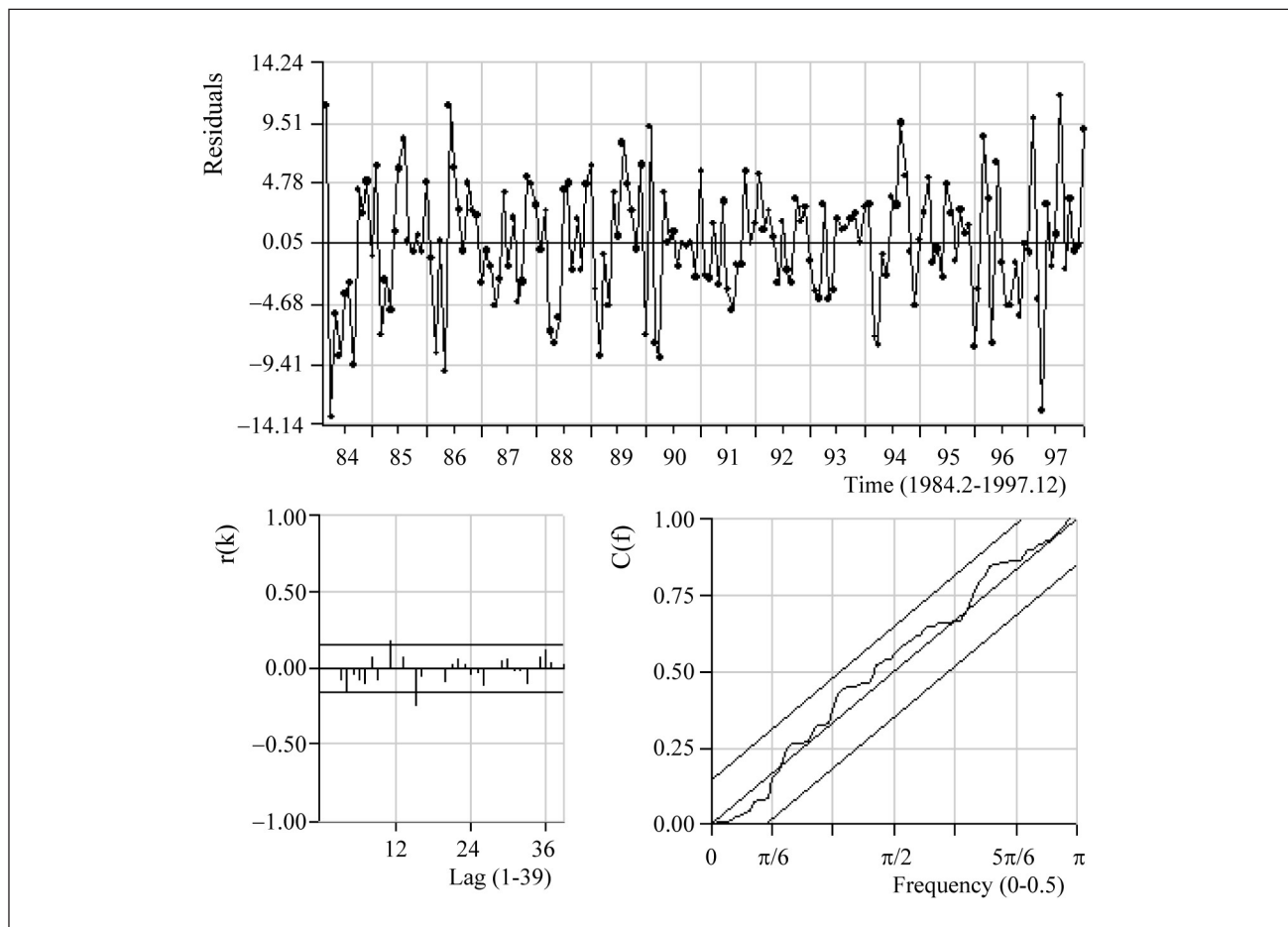
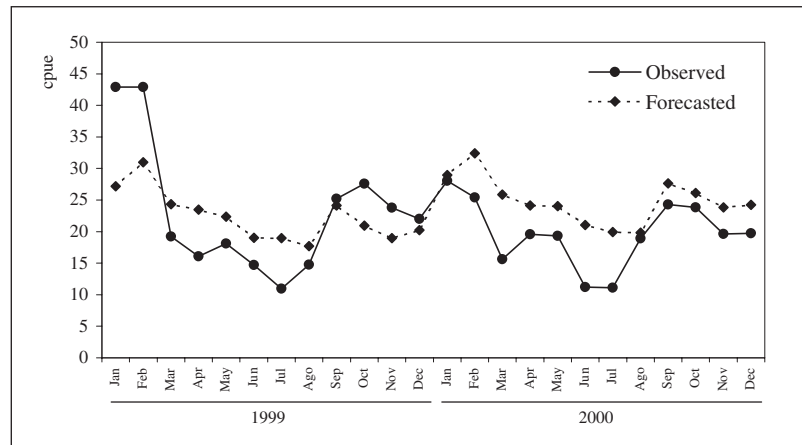


Figure 3. Diagnostic checking for residuals of the arima model. $r(k)$: autocorrelation function; $C(f)$: cumulative periodogram

Figure 4. Comparison between observed cpue data from A Coruña boca trawl fleet and forecasted cpue according to the model (1983-1998 time series), for 1999 and 2000. January and February data were estimated with the transfer function model



Pajuelo and Lorenzo (1995) and Park (1998), among others, show how differences between predictions and observations are attributable, as in our case, to modifications in factors governing the historical series (environmental conditions, recruitment or effort) which may partially or substantially alter observations.

This leads us to the need to review the historical and current behaviour of this fleet, to improve the estimation of mixed-species fisheries' catch rate through the standardisation of effort, and to analyse and check the data observed. It is interesting to note that some deviations from the model estimated could be an indication of changes in the effort or in some of the parameters of the stock, which would require further investigation. This technique could be routinely used to check and control the quality of information in fisheries databases.

ACKNOWLEDGEMENTS

Our thanks to the entire team of the ICES Database and at the Instituto Español de Oceanografía, and particularly to Rosa Gancedo and Roberto Morlán for their collaboration on data collection. Thanks also to Pablo Abaunza and Valentín Trujillo for their useful suggestions.

REFERENCES

- Abraham, B. 1981. Missing observations in time series. *Comm. Statist.* A10: 1643-1653.
- Ansley, C. F. 1976. An algorithm for the exact likelihood of a mixed autoregressive-moving average process. *Biometrics* 66: 59-65.
- Biseau, A. 1998. Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquatic Living Resources* 11: 119-136.
- Box, G. E. P., G. M. Jenkins and G. C. Reinsel. 1994. *Time series analysis. Forecasting and Control*. Prentice-Hall. New Jersey: 598 pp.
- Box, G. E. P. and G. C. Tiao. 1975. Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *J. Am. Stat. Assoc.* 70: 70-79.
- Brubacher, S. R. and G. T. Wilson. 1976. Interpolating time series with applications to the estimation of holiday effects on electricity demand. *Appl. Stat.* 25: 107-116.
- Damsleth, E. 1980. Interpolating missing values in a time series. *Scand. J. Statist.* 7: 33-39.
- Fogarty, M. J. 1988. Time Series Models of the Maine Lobster Fishery: the effect of temperature. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1145-1153.
- Harley, S. J., A. M. Ransom and A. Dunn. 2001. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 1760-1772.
- Hilborn, R. and C. J. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall. New York: 570 pp.
- ICES. 2002a. Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Demersal Stocks. *ICES C.M. 2002/ACFM:05*: 981 pp.
- ICES. 2002b. Report of the Working Group on Methods on Fish Stock Assessments. *ICES C.M. 2002/D:08*: 98 pp.
- ICES. 2002c. Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy. *ICES C.M. 2002/ACFM:06*: 474 pp.
- Lloret, J., J. Leonart and I. Solé. 2000. Time Series Modelling of Landings in Northwest Mediterranean Sea. *ICES. Journal of Marine Science* 57: 171-184.
- Mendelsohn, R. 1981. Using Box-Jenkins Models to Forecast Fishery Dynamics: Identification, Estimation and Checking. *Fish. Bull.* 78: 887-896.
- Pajuelo, J. G. and J. M. Lorenzo. 1995. Análisis y predicción de la pesquería demersal de las Islas Canarias mediante un modelo ARIMA. *Scientia Marina* 59: 155-164.
- Park, H. H. 1998. Analysis and prediction of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) landings in Korea by time series analysis. *Fish. Res.* 38: 1-7.

- Parsons, D. G. and E. B. Colbourne. 2000. Forecasting Fishery Performance for Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) on the Labrador Shelf (NAFO Divisions 2HJ). *J. Northwest Atl. Fish. Sci.* 27: 11-20.
- Peña, D. 1987. Measuring the importance of outliers in ARIMA models. In: *New Perspectives in Theoretical and Applied Statistics*. M. L. Puri (ed.). Wiley. New York: 109-118.
- Peña, D. 2001. Outliers, Influential Observations, and Missing Data. In: *A Course in Time Series Analysis*. D. Peña, G. C. Tiao and R. S. Tsay (eds.). Wiley. New York: 136-170.
- Punzón, A., G. Costas, R. Gancedo and R. Morlan. 2001. Segmentation of the mixed "baca" trawl fishery that exploits demersal resources in the Cantabrian Sea (ICES Division VIIIc). *ICES C.M.* 2001/Q:19: 7 pp.
- Punzón, A., V. Trujillo, E. Abad, C. Pampillón, F. Velasco, P. Abaunza, B. Villamor, N. Pérez and C. Hernández. 2005. Fisheries and Prestige: Review and update of studies on the effects of the Prestige oil spill. *ICES C.M.* 2005/S:11: 20 pp.
- Salthaug, A. and O. R. Godø. 2001. Standardisation of commercial cpue. *Fish. Res.* 49: 271-281.
- Stergiou, K. I. 1989. Modelling and forecasting the fishery for pilchard (*Sardina pilchardus*) in Greek waters Using ARIMA Time-Series Models. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 46: 16-23.
- Stergiou, K. I. and E. D. Christou. 1996. Modelling and forecasting annual fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariate time series methods. *Fish. Res.* 25: 105-138.
- Stergiou, K. I., E. D. Christou and G. Petrakis. 1997. Modelling and forecasting monthly fisheries catches: comparison of regression, univariate and multivariate time series methods. *Fish. Res.* 29: 55-95.

Trends in Spanish catch rates for Northern European hake *Merluccius merluccius* (L., 1758): Standardizing trawler and longliner fleets in ICES subarea VII

G. Costas¹ and A. Punzón²

¹ Centro Oceanográfico de Vigo, Instituto Español de Oceanografía, Apdo. 1552, E-36280 Vigo, Pontevedra, Spain. E-mail: gersom.costas@vi.ieo.es

² Centro Oceanográfico de Santander, Instituto Español de Oceanografía, Apdo. 240, E-39080 Santander, Cantabria, Spain. E-mail: antonio.punzon@st.ieo.es

Received June 2002. Accepted December 2006.

ABSTRACT

Standardization of catch per unit effort (cpue) series using a generalized linear model (GLM) for Northern European hake *Merluccius merluccius* (L., 1758) in International Council for the Exploration of the Sea (ICES) subarea VII, based on catch and effort data from the Spanish trawler and longliner fleets from 1986 to 2000, are presented. Data were collected from trawler and longliner fleets targeting hake off the Spanish ports of La Coruña, Burela, and Celeiro. Main factors in the models created include a factor for engine Horse Power, to adjust for characteristics that determine fishing power; Year and Month factors for La Coruña's trawler fleet; and the factors Month, Year, Vessel, and Fishing Days for the Spanish longliner fleet as a whole. Moreover, both models indicate that interactions between the Year and Month factors also had a significant impact on hake catch rates. The total proportions of variance explained by these models were 55 % for La Coruña's trawler fleet, and about 48 % for Spanish longliner fleet. The results showed similar patterns comparing nominal and standardized catch rates.

Keywords: Standardization, cpue, Generalized Linear Model, European hake; trawler fleet, longliner fleet, ICES subarea VII.

RESUMEN

Análisis de las tasas de captura de la merluza europea *Merluccius merluccius* (L., 1758) del stock norte: estandarización del esfuerzo de las flotas españolas arrastreras y palangreras que faenan en la subárea VII del CIEM

Se muestra la aplicación de un modelo lineal generalizado (GLM) para la estandarización de la captura por unidad de esfuerzo (cpue) de la merluza europea *Merluccius merluccius* (L., 1758) del stock norte en la subárea VII del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM) durante el periodo 1986-2000. Los datos de esfuerzo y captura proceden de las flotas de arrastre y de palangre de los puertos de A Coruña, Burela y Celeiro (en el noroeste de España) dirigidas a la pesca de merluza del stock norte. En el modelo para la flota arrastrera del puerto de A Coruña se incluyeron los factores año, mes y categoría del barco, que relacionan la potencia del motor con su poder de pesca, y en el modelo para la flota palangrera de los puertos de A Coruña, Burela y Celeiro se incluyeron los factores año, mes, barco y días de pesca. Ambos modelos reflejan interacciones significativas entre los factores año-mes; así, el 55 % de la variación total observada se explica con el modelo para la flota arrastrera del puerto de A Coruña, y el 48 % se explica con el modelo para la flota palangrera. Las dos tipificaciones demuestran, así mismo, tendencias interanuales similares en las tasas de capturas estandarizadas y nominales.

Palabras clave: Estandarización, cpue, modelo lineal generalizado, merluza europea, flota arrastrera, flota palangrera, subárea VII del CIEM.

INTRODUCTION

Catch Per Unit Effort (cpue) data from commercial fishing vessels have traditionally been used as a relative index of fish stock abundance (Large, 1992; Goñi, Álvarez and Adlerstein, 1999). The utility of indices of abundance based on catch and effort data can be improved by standardizing them; that is, removing from the data any variation due to effects other than fish abundance (Punt *et al.*, 2000). This process is often referred to as catch-effort standardization.

Traditionally, the European hake *Merluccius merluccius* (L., 1758) has been a target species for the Spanish fleet and/or a valuable incidental catch, owing to its high price on European fish markets (Casey and Pereiro, 1995).

The main Northern European hake commercial fishing grounds are found in International Council for the Exploration of the Sea (ICES) subarea VII. The Spanish ports of Burela, Celeiro and La Coruña are amongst the most important trawler and longliner fleets targeting Northern European hake in this area.

The Generalized Linear Model (GLM) is generally used to analyse and standardise catch rates, because this approach makes it possible to identify the factors that influence catch rates and calculation of standardized abundance indices through the year factor (O'Brien and Kell, 1996). GLM technique provides a very powerful, consistent method for examining the effects of vessel differences and area differences to determine time trends in cpue (Hilborn and Walters, 1992). The present study applied a GLM to develop standardized cpue.

MATERIALS AND METHODS

The catch and effort data used in our analysis came from records of trip landings per vessel of the

trawler and longliner fleets based at La Coruña port (1986-2000) and longliner fleets at the ports of Burela and Celeiro (1994-2000), all operating in ICES subarea VII. Data on trip landings were obtained from fish markets, with the exception of data from La Coruña port in the period covering 1998-2000, which come from the sampling network of the Instituto Español de Oceanografía (IEO).

Each individual record contains information on the vessel, date, species, landing and number of fishing days. Vessels were identified and their technical characteristics (gross registered tonnage, width, length, and horse power) were also recorded.

A GLM was fitted to hake *M. merluccius* landings for trawler and longliner Spanish fleets that operated in ICES subarea VII from 1986 to 2000.

Traditionally, it was assumed that the modelled catch rate (cpue) is a log-normal distribution (Beverton and Holt, 1957). An undesirable consequence of using the logarithm of the catch rates is needed to accommodate any zero catch rate observations. An usual practice is to add a small constant to the calculated catch rate for all observations. The value of this constant in this study was equal to 1.

Trawler data

Data used were landings per vessel of La Coruña's trawler fleet that operated in ICES subarea VII from 1986 to 2000. La Coruña's trawler fleet is the most important Spanish trawler fleet targeting European hake. In this fleet, fishing pattern and vessel technical characteristics have remained stable over the course of the period 1994-2000 (table I). This fleet has an average gross registered tonnage (grt) of 238 and an average horse power (HP) of 843. Raw data were a total of 8872 records; from these raw data, records of vessels with only sporadic trips during this period, or without information on vessels' technical characteristics, were

Table I. Summary of number of vessels, number of fishing trips (observations), and vessels' technical characteristics, average by year from La Coruña's trawler fleet in ICES subarea VII

Year	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vessels	55	54	56	56	56	51	40	27	26	23	20	18	18	14	14
Observations	755	874	930	870	912	797	530	441	423	379	328	319	89	48	75
HP mean	827	836	849	844	861	867	863	878	888	920	905	910	932	854	959
trb mean	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234

removed (11%). Records indicating zero hake landings were also removed (2%), to avoid the problem of undefined logarithms.

Most of the fishing trips lasted 1 day and therefore for the purpose of the analysis it was assumed that one trip was one fishing day and cpue was calculated as hake catch per day (fishing trip) expressed in hake kg/day.

The final working data set included a total of 7770 records (trips) made by 56 trawler vessels (table I). In trawler fleet analysis, cpue were calculated as the ratio of recorded landings of hake to the number of fishing days, and log-transformed under the assumption that catch rate is a log-normal distribution. Inclusion in the analysis of all technical characteristics of vessels as explanatory variables was not appropriate, because they showed a high correlation (colinearity). Therefore, we used only information on HP to classify the trawler fleet into 9 main categories (HP cat.) according to their fishing power (table II).

Longliner data

Data used included landings per vessel of La Coruña's longliner fleet from 1986 to 2000, and those of the Burela and Celeiro longliner fleets from 1994-2000, which operated in ICES subarea VII. These fleets are the most important Spanish longliner fleets targeting European hake. During the period covering 1994-2000, most longliner vessels that in previous years were landing at La Coruña port had moved to Burela and Celeiro.

Raw data consisted of a total of 7845 records; from these raw data, records of vessels with only

sporadic trips during this period, or without information on vessels' technical characteristics, were removed. Records containing zero hake landings, or a proportion of hake landings that was too small (i.e., hake not a target species) were also removed. Additionally, records from La Coruña's longliner fleet in the period from 1998 to 2000 were removed, because they did not contain fishing days by trip.

The final working data set included a total of 7070 records (trips) made by 71 longliner vessels with an average grt of 197 and an average HP of 693 (table III). In longliner fleet analysis, cpue were calculated as the ratio of recorded hake landings by trip, and log-transformed under the assumption that catch rate is a log-normal variable.

For the present study, we modelled standardized indices of relative abundance of European hake, assuming that the errors in the dependent variable follow a Gaussian distribution. We used a Gaussian GLM model to adjust the cpue trend of hake, with identity as a link function (McCullag and Nelder, 1989), using statistics package S-Plus 2000. A step-wise regression procedure was used to determine the set of factors and interactions that significantly explained the most variability with the least number of estimated parameters. Deviance tables show the percentage of deviance explained by each factor. The difference in deviance between two consecutive factors follows a chi-squared (χ^2) distribution with the degrees of freedom (df) equal to the number of additional parameters estimated minus one (McCullag and Nelder, 1989). A p-value based on the χ^2 test statistic was used to evaluate the significance of each additional factor in the model (Ortiz,

Table II. Summary of vessel category classification of La Coruña's trawler fleet based on Horse Power (HP cat.)

HP category	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
HP	<500	500-599	600-699	700-799	800-899	900-999	1000-1099	1100-1199	≥1200
Vessels	2	7	6	4	10	11	7	3	6
Observations	273	1003	649	407	1479	1395	1028	462	1074

Table III. Summary of number of vessels, number of fishing trips (observations), and vessels' technical characteristics, average by year from the Spanish longliner fleet in ICES subarea VII

Year	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Vessels	32	27	27	29	27	25	22	19	63	61	68	69	53	47	44
Observations	244	254	262	284	256	229	206	200	776	705	977	844	618	626	589
HP mean	763	759	758	757	770	804	826	834	671	713	705	697	695	697	684
trb mean	207	206	204	201	203	206	207	212	198	199	200	198	196	195	194

Turner and Brown, 1999; Ortiz, Legault and Ehrhardt, 2000). The total deviance explained should be interpreted only as an indicator of the goodness of a fit between the observed data and the assumed model. The impact of each explanatory factor is summarized by the percentage of the deviance explained. The final selection of explanatory factors was conditional to the relative percent of deviance explained by adding the factor.

Annual abundance indices were obtained from adjusted means of the year factor, adjusted for the GLM's statistically significant factors.

RESULTS AND DISCUSSION

As expected, the frequency distributions of the hake cpue for each fleet are skewed, with a few extremely large catches (figure 1 and figure 2).

The main factors considered in the analysis for La Coruña's trawler fleet data were year, month and HP cat. The interactions for the main factors were also considered. Analysis for La Coruña's trawler fleet showed that the factors year, month, HP cat., and interaction between month and year factors (month * year) were statistically significant on both analysis of deviance and anova (table IV and table V). The selected final model was as follows:

$$\ln(\text{cpue}) \sim \text{year} + \text{month} + \text{HP cat.} + \text{month} * \text{year}$$

The final model explained 55 % of the overall deviance. The HP cat. factor explained 25 % of the total variability accounted for by the final model. The considerable amount of variation explained in the final model by the HP cat. Factor could reflect the differences in fishing power between vessels.

The distribution of the standardized residuals did not appear to differ much from those expected under the normal distribution (figure 3). The normal probability plot shows slight divergences for tails (figure 3). However, the standardized residuals conform adequately to the normal distribution.

Nominal and standardized annual indices of abundance for La Coruña trawlers in ICES subarea

Table IV. Deviance analysis table of explanatory variables in the Gaussian GLM model for *M. merluccius* catch rates from La Coruña's trawler fleet in ICES subarea VII. Percent of total deviance refers to the deviance explained by the full model. (Df): degrees of freedom; (Residual dev.): residual deviance; (% total dev.): percent of total deviance explained by each factor; (p): significance level of the χ^2 statistic for each factor (i.e., whether the addition of an additional factor is significant)

	Df	Residual dev.	Change in dev.	% total dev.	P
Null		5 818			
Year	14	5 102	717	12	<0.001
Month	11	4 340	762	13	<0.001
HP cat.	7	2 888	1 452	25	<0.001
Month * year	144	2 639	249	4	<0.001
Total			3 180	54	

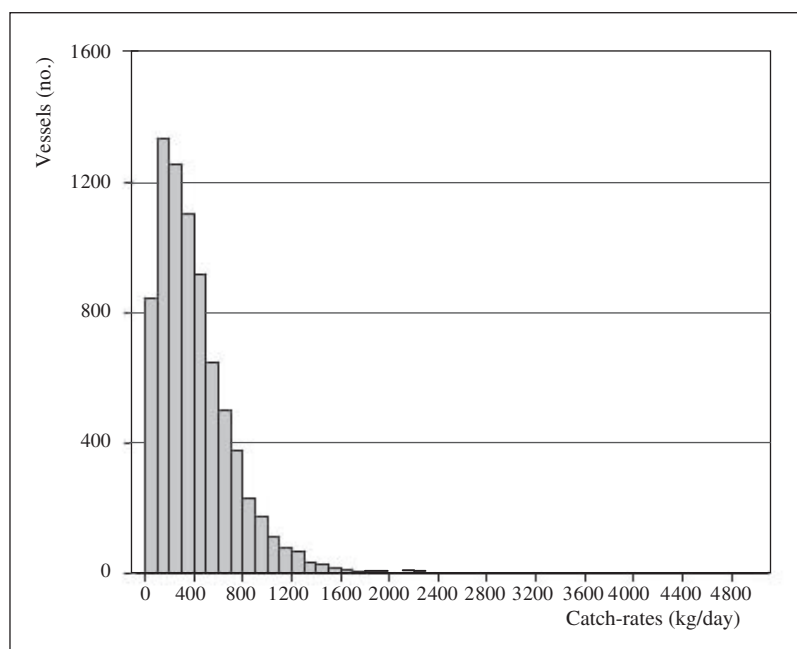


Figure 1. Frequency distribution of European hake catch-rates of the vessels of La Coruña's trawler fleet in 1986-2000

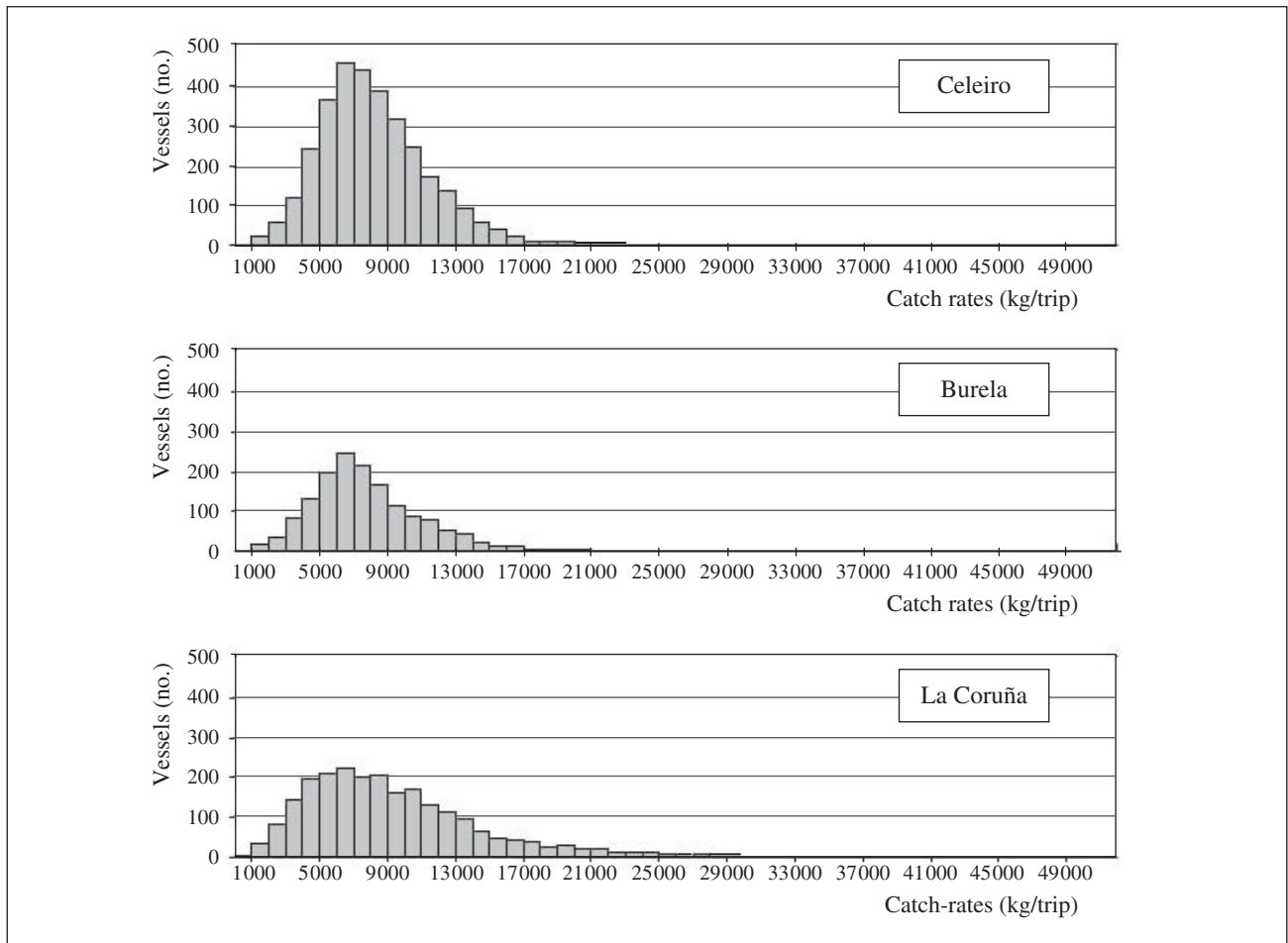


Figure 2. Frequency distribution of European hake catch-rates of the vessels of La Coruña’s, Burela and Celeiro longliner fleets in 1986-2000

VII are shown in table VI and figure 4. Both indices show similar trends over the time series.

On the other hand, in the analysis for the Spanish longliner fleet data, the main factors were: year, month, fishing days and vessel. The interactions for the main factors were also considered. The deviance and anova tables show that factors year, month, fishing days, vessel and interaction be-

Table V. Analysis of variance (anova) of standardized cpue using GLM method for *M. merluccius* from La Coruña’s trawler fleet in ICES subarea VII. (Df): degrees of freedom; (Sum of sq.): sum of squares; (F): F-test value; (p): significance level of the F-test for each factor

	Df	Sum of sq.	Mean of sq.	F	p
Year	14	675	48.2	146.2	0
Month	11	413	37.5	113.8	0
HP cat.	8	1580	197.5	598.7	0
Month * year	144	252	1.8	5.3	0
Residuals	7592	2505	0.3		

Table VI. Nominal and standardized catch rates series (ln kg/day) for *M. merluccius* from La Coruña’s trawler fleet in ICES subarea VII. (se): standard error

	Nominal Index	GLM	
		Index	se
La Coruña’s trawlers in ICES subarea VII			
1985	6		
1986	5.9	5.3	0.02
1987	6.5	6.0	0.02
1988	6.2	5.7	0.02
1989	6.2	5.7	0.02
1990	6.0	5.4	0.02
1991	5.8	5.2	0.02
1992	6.3	5.8	0.03
1993	6.1	5.6	0.03
1994	6.3	5.8	0.03
1995	6.7	6.2	0.03
1996	6.5	6.1	0.03
1997	6.1	5.6	0.03
1998	6.4	6.0	0.10
1999	6.6	6.1	0.09
2000	7.1	6.5	0.07

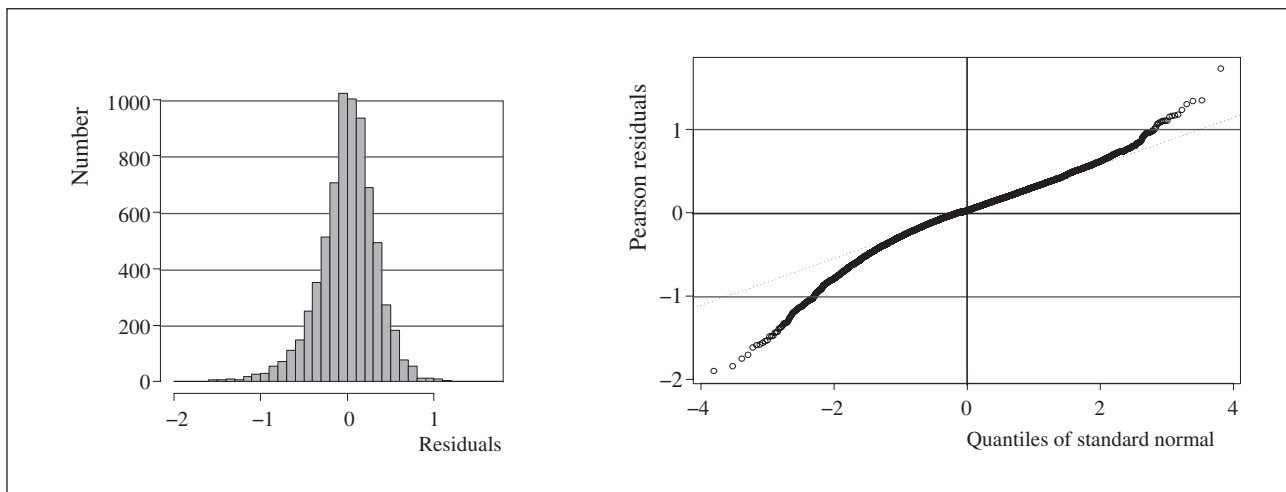


Figure 3. Distributions of the standardized residuals and the normal probability plots for the standardization model fitted to the catch and effort data of La Coruña's trawler fleet in the period from 1986 to 2000

Table VII. Deviance analysis table of explanatory variables in the Gaussian GLM model for *M. merluccius* catch rates from the Spanish longliner fleet in ICES subarea VII. Percent of total deviance refers to the deviance explained by the full model. (Df): degrees of freedom; (Residual dev.): residual deviance; (% total dev.): percent of total deviance explained by each factor; (p): significance level of the χ^2 statistic for each factor (i.e., whether the addition of an additional factor is significant)

Source	Df	Residual dev.	Change in dev.	% total dev.	P
Null		1581			
Year	14	1369	212	13.4	<0.001
Month	11	1113	256	16.2	<0.001
Fishing days	23	1062	51	3.3	<0.001
Vessel	70	998	64	4.1	<0.001
Month * year	154	827	170	10.8	<0.001
Total			53	47.8	

tween month and year factors (month * year) were statistically significant (table VII and table VIII). The final model was as follows:

$$\ln(\text{cpue}) \sim \text{year} + \text{month} + \text{fishing days} + \text{vessel} + \text{month} * \text{year}$$

The deviance table shows that the final model explained 48% of the overall deviance. Factor month explained 16% total variability. Figure 5 shows standardized residual plots and QQ-plots for the final model that confirms the model adequacy.

Table VIII. Analysis of variance (anova) of standardized cpue using GLM method for *M. merluccius* from the Spanish longliner fleet in ICES subarea VII. (Df): degrees of freedom; (Sum of sq.): sum of squares; (F): F-test value; (p): significance level of the F-test for each factor

	Df	Sum of sq.	Mean sq.	F	p
Year	14	190	13.6	112.7	0
Month	11	232	21.1	175.5	0
Fishing days	189	67	0.4	3.0	0
Vessel	70	65	0.9	7.7	0
Month * year	154	164	1.1	8.9	0
Residuals	6631	799	0.1		

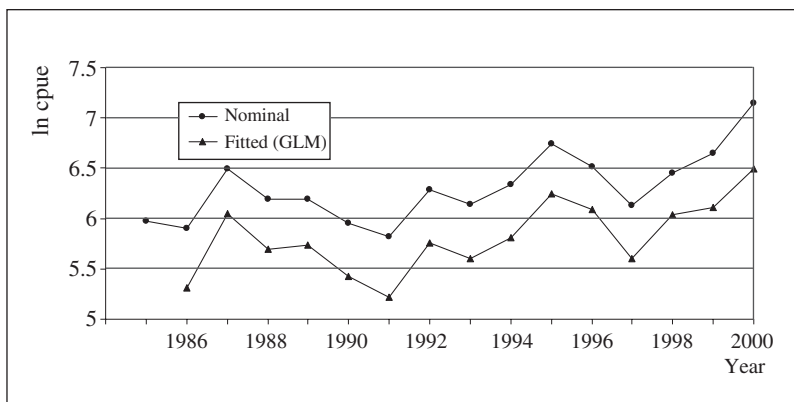


Figure 4. Trends of standardized and nominal catch rates of European hake (ln kg/day) from La Coruña trawler fleet in ICES subarea VII in 1986-2000

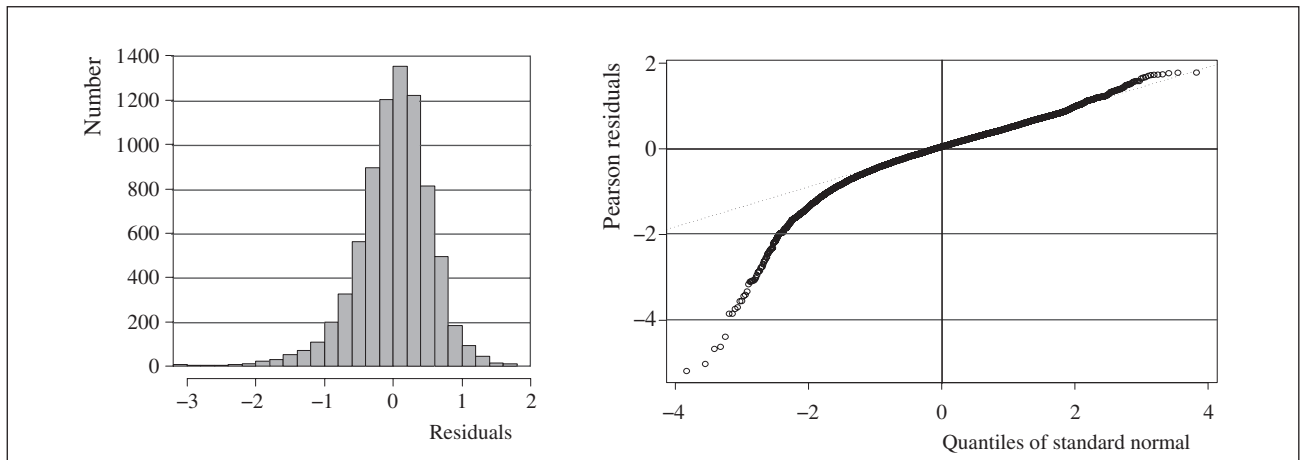


Figure 5. Distributions of the standardized residuals and the normal probability plots for the standardization model fitted to the catch and effort data of the Spanish longliner fleet in the period from 1986 to 2000

The variability explained by factor Month reflects the differences in hake catches that are mainly due to seasonality.

Nominal and standardized annual indices of abundance for the Spanish longliner fleet in ICES subarea VII are shown in table IX and figure 6. Both indices show analogous trajectory trends over the time series.

CONCLUSIONS

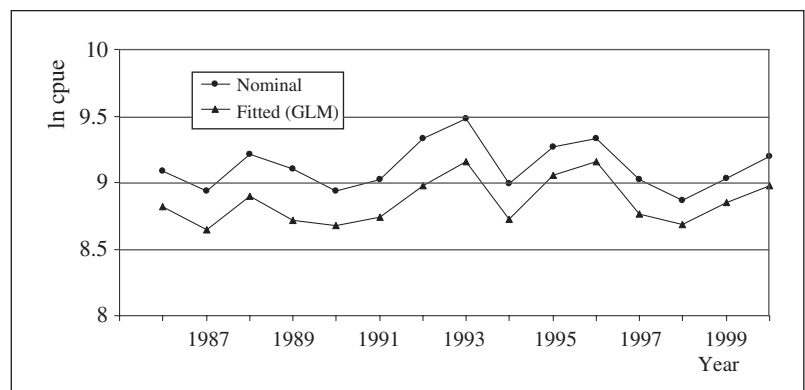
The results of the present study indicate that analysis on catch-rates series in both trawler and longliner Spanish fleets showed similar patterns when nominal and standardized catch rates were compared. Moreover, these trends are similar to ICES stock assessment reports (ICES, 2001). These similar trends can be explained as being a consequence of the constant composition of fleet and were no changes in fishing pattern for La Coruña trawler fleet and the Spanish longliner fleet during this period.

Table IX. Nominal and standardized catch rates series (ln kg/trip) for *M. merluccius* from the Spanish longliner fleet in ICES subarea VII. (se): standard error

Spanish longliners in ICES subarea VII			
	Nominal Index	GLM	
		Index	se
1986	9.1	8.8	0.04
1987	8.9	8.6	0.03
1988	9.2	8.9	0.03
1989	9.1	8.7	0.03
1990	8.9	8.7	0.03
1991	9.0	8.7	0.03
1992	9.3	9.0	0.03
1993	9.5	9.2	0.04
1994	9.0	8.7	0.03
1995	9.3	9.1	0.03
1996	9.3	9.2	0.02
1997	9.0	8.8	0.03
1998	8.9	8.7	0.03
1999	9.0	8.9	0.03
2000	9.2	9.0	0.03

Cpue is a reliable index of population density only if the assumptions regarding gear and spatial

Figure 6. Trends of standardized and nominal catch rates for European hake (ln kg/trip) from Spanish Longliner fleet in ICES subarea VII in 1986-2000



and temporal distributions of fish and fishing effort are met (Beverton and Holt, 1957).

A critical assumption in these models is that geographic factors should be used. The yields of commercial fishing correspond to a non-random sampling, closely linked to the spatial and temporal structure of the resource, which does not respect the basic conditions of sampling theory, since fishermen normally operated in areas with high fish densities. Spatial distribution usually has more influence on cpue than vessels' technical characteristics and unexplained noise. It should be noted that there are many situations in which the assumption that catch rate is proportional to abundance is violated, even though the data have been standardized to remove the impact of known factors (Hilborn and Walters, 1992).

Further applications of these modelling approaches is the study of area effects on catch rates of different fleets sharing the same resource, and the inclusion of spatial factors.

REFERENCES

- Beverton, R. J. H. and S. J. Holt. 1957. *On the dynamics of exploited fish populations*. Chapman & Hall. London: 531 pp.
- Casey, J. and J. Pereiro. 1995. European hake (*M. merluccius*) in the north-east Atlantic. In: *Hake: Fisheries, Ecology and Markets* (Fish and Fisheries Series). J. Alheit and T. J. Pitcher (eds.) 15: 125-147. Chapman & Hall. London.
- Goñi, R., F. Álvarez and S. Adlerstein. 1999. Application of generalized linear modelling to catch rate analysis of Western Mediterranean fisheries: The Castellón trawl fleet as a case study. *Fisheries Research* 42: 291-302.
- Hilborn, R. and C. J. Walters. 1992. *Quantitative fisheries stock assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty*. Chapman & Hall. London: 570 pp.
- ICES. 2001. Report of the Working Group on the Assessment of the Southern Shelf Demersal Stocks. *ICES C.M.* 2001/ACFM:05.
- Large, P. A. 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. *ICES. Journal of Marine Science* 49: 253-261.
- McCullag, P. and J. A. Nelder. 1989. *Generalized Linear Models*. 2nd edition. Chapman & Hall. London: 511 pp.
- O'Brien, C. M. and L. T. Kell. 1996. The use of Generalized Linear Models for the Modelling of Catch-Effort series. I. Theory. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT* 46 (4): 476-482.
- Ortiz, M., C. M. Legault and N. M. Ehrhardt. 2000. An alternative method for estimating bycatch from the US shrimp trawl fishery in the Gulf of Mexico, 1972-1995. *Fishery Bulletin* 98 (3): 583-599.
- Ortiz, M., S. C. Turner and C. A. Brown. 1999. Standardized catch rates for small bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, from the road and reel fishery off the northeast United States from 1980-1997. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT* 49 (2): 254-269.
- Punt, A. E., T. I. Walker, B. L. Taylor and F. Pribac. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. *Fisheries Research* 45: 129-145.

Composición cualitativa de la dieta del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) de Bahía Engaño (Chubut), Argentina

G. Spanjersberg¹, A. Roux² y G. Caille³

¹ Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de la Patagonia. 9 de Julio y Belgrano. 9100 Trelew (Chubut), Argentina. Correo electrónico: glenda_spanjersberg@infovia.com.ar

² Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Paseo Victoria Ocampo, 1. 7600 Mar del Plata, Argentina. Correo electrónico: anaroux@inidep.edu.ar

³ Fundación Patagonia Natural. M. A. Zar, 760. 9120 Puerto Madryn (Chubut), Argentina. Correo electrónico: gcaille@unp.edu.ar

Recibido en enero de 2003. Aceptado en diciembre de 2006.

RESUMEN

El objetivo es describir la composición cualitativa de la dieta del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 de Bahía Engaño (Chubut), Argentina. Para ello, se analizó el contenido estomacal de 392 camarones capturados en julio y octubre de 1999 y enero y abril de 2000. Los resultados indican una marcada tendencia a la depredación, más que a la ingesta pasiva de detrito. Crustáceos, poliquetos, restos vegetales y diatomeas son los elementos esenciales que componen la dieta del camarón. No se evidencian diferencias en la composición de la dieta por sexos, tallas, estaciones anuales y tipos de sustrato.

Palabras clave: Alimentación, peneidos, Patagonia, Argentina.

ABSTRACT

Qualitative composition of the diet of the shrimp Artemesia longinaris Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) from Engaño Bay, Chubut, Argentina

Diet composition of the shrimp Artemesia longinaris Bate, 1888 from Engaño Bay, Chubut, Argentina is described. Stomach contents of 392 prawns caught in July and October of 1999 and January and April 2000 were analysed. Results show a strong tendency towards predation, rather than a passive ingestion of detritus. Crustaceans, polychaetes, vegetable matter and diatoms are the main components of the diet. No differences were observed regarding sex, size and seasons, or the substrata.

Keywords: Feeding ecology, peneids, Patagonia, Argentine.

INTRODUCCIÓN

El camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 es un peneido de género monotípico de la familia Penaeidae, ampliamente distribuida en las regiones tropical y subtropical. En particular, el cama-

rón tiene una amplia distribución en el Atlántico suroeste, entre 22° S (Cabo Sao Tomé, Brasil) y 43° 30' S (Chubut, Argentina) (Boschi, Fischbach e Iorio, 1992). Dentro de esta amplia extensión, las mayores concentraciones se encuentran entre Río Grande do Sul (Brasil) y el litoral argentino, prin-

principalmente frente a Mar del Plata y la región patagónica, con temperaturas del agua entre 8 y 21 °C (Boschi, 1969). Bahía Engaño constituye el límite septentrional de la distribución de *A. longinaris*.

Las capturas de este peneido se destinan habitualmente al consumo humano, por la excelente calidad de su carne, y al uso como carnada en la pesca deportiva. El desarrollo de su comercialización e industrialización está directamente supeditado a las eventualidades afrontadas por este tipo de recurso (Angelescu y Boschi, 1959).

Las estadísticas de desembarcos de esta especie en Argentina indican que, desde 1935, el puerto de Mar del Plata era prácticamente el único que registraba capturas de langostino *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) y de camarón *A. longinaris*. A partir de 1949 se registran desembarcos de camarón en el puerto de Rawson, con volúmenes de captura que fluctúan y que alcanzan dos máximos importantes en 1974 y 1977. No obstante estas fluctuaciones, es la especie que mayor constancia ha demostrado en las capturas desembarcadas en el puerto de Rawson en los últimos 50 años (Caille, 1990).

El camarón ha sido estudiado atendiendo a diversos aspectos, como la biología, la ecología y la explotación, caracterizándose las poblaciones que habitan las costas de la provincia de Buenos Aires y, en particular, la zona de Mar del Plata (Boschi, 1969; Boschi y Scelzo, 1967). También se han investigado las variaciones estacionales del ciclo de muda y la maduración ovárica (Petriella y Bridi, 1992), los efectos de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y la supervivencia (Harán, Fenucci y Díaz, 1992), la dinámica poblacional (Ruffino y Castello, 1992), las relaciones tróficas bentónico-demersales en los fondos de pesca de Brasil (Capítoli, Bager y Ruffino, 1994) y las variaciones de la dieta durante el ciclo de muda (Aquino, 1996).

En la zona de Bahía Engaño se han realizado trabajos sobre la ecología y la pesquería del camarón (Carriquiriborde, 1984) y sobre la pesca de esta especie entre 1985 y 1992 (Caille, 1990), sin embargo, hasta el momento, en ninguna de estas investigaciones se incluye la dieta natural del camarón explotado en esta zona.

El conocimiento de la alimentación de una especie es esencial para comprender sus requerimientos nutricionales y sus interacciones con otros organismos. *A. longinaris* desempeña un rol importante en las redes tróficas de las comunidades en

que se integra, especialmente la bentónica demersal (Roux, 1999). Dieciséis especies de peces se alimentan del camarón, y, de entre los invertebrados, también lo hace el calamarete *Loligo brasiliensis* Blainville, 1823 (Aquino, 1996). Desde el punto de vista trófico, el camarón es uno de los recursos base en Bahía Engaño (Caille, 1990).

Debido a la escasez de estudios sobre la especie y su pesquería en esta zona, es necesario profundizar en el conocimiento de diversos aspectos de su bio-ecología, con el fin de disponer de información orientadora para las modificaciones que se llevan a cabo en la infraestructura portuaria (proyecto de remodelación del puerto de Rawson y su correspondiente evaluación de impacto ambiental) (Caille, 1993).

El objetivo del presente trabajo es conocer la composición cualitativa de la dieta del camarón *A. longinaris* en la zona de Bahía Engaño y estudiar su relación con la sexualidad, la talla, la época del año y el sustrato.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material empleado para la realización de este trabajo se obtuvo a partir de muestras estacionales de camarón provenientes de la captura comercial efectuada con red de arrastre (raño) en la zona de Bahía Engaño (figura 1) durante julio y octubre de 1999 y enero y abril de 2000, considerando la totalidad de lances diarios (de 3 a 5) de una única embarcación.

Las muestras fueron obtenidas en la desembocadura del río Chubut, a una profundidad de 5-6 metros, con velocidad 1 nudo y 60 minutos de arrastre efectivo. Los ejemplares, tras un inmediato y breve lapso de fijación en formol al 5 %, fueron conservados en alcohol al 70 %.

Para cada uno de los 392 ejemplares muestreados, se determinó el sexo, la longitud del cefalotórax y el grado de repleción y el contenido estomacales. El estómago fue cuidadosamente extraído y liberado de todo resto de otros tejidos, y, antes de ser abierto, se registró la cantidad de contenido alimentario existente usando el criterio de la dilatación externa y aplicando, para normalizar esta observación, una escala cualitativa relativa que asigna los valores de 0 a 4 según se aprecie que el estómago se encuentra, respectivamente, vacío, al 25 % de su repleción, al 50 %, al 75 % o lleno (100 %) (Prejs y Colomine, 1981).

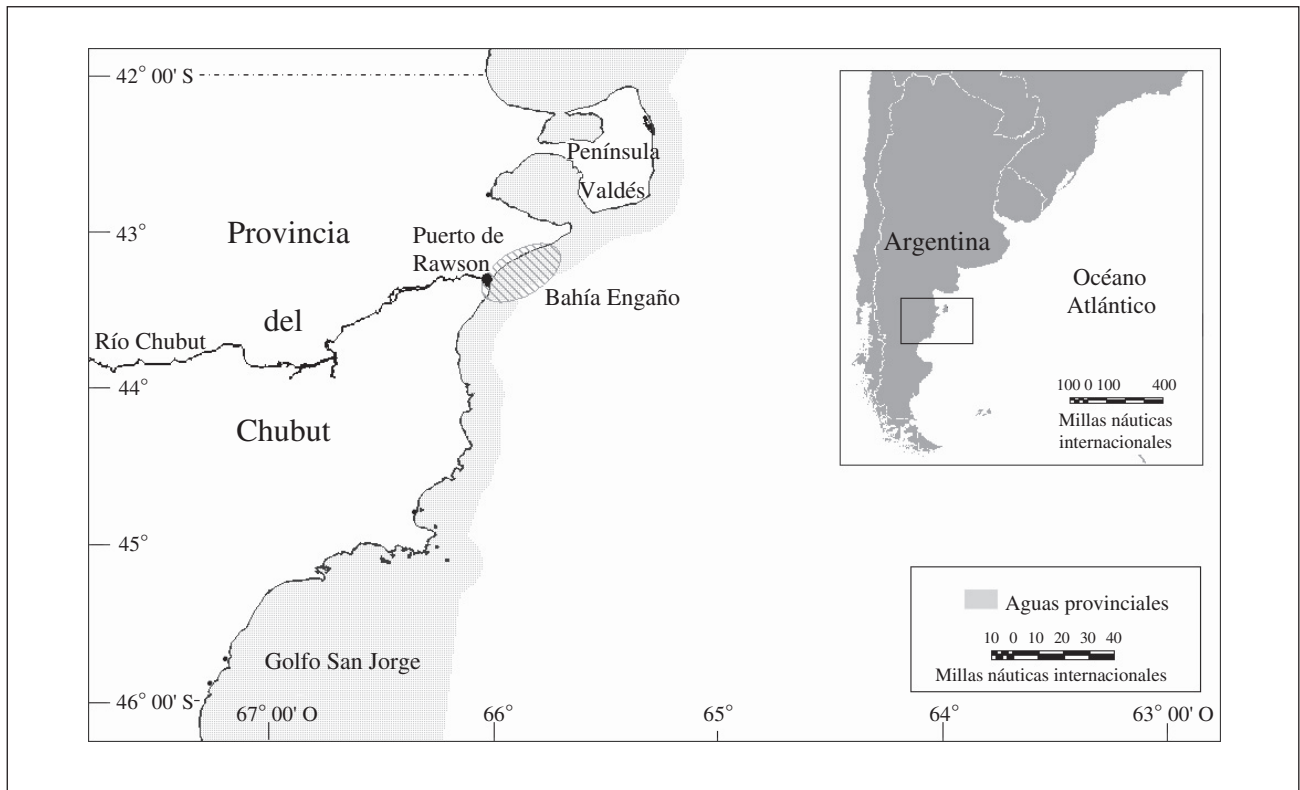


Figura 1. Área de muestreo para el estudio de la composición de la dieta del camarón *A. longinaris* (elipse sombreada): Bahía Engaño (Chubut), Argentina.

Se analizaron los contenidos estomacales de 30 individuos por cada rango de talla, y en los casos en que el número de ejemplares del rango era inferior, se analizaba la totalidad de la muestra.

Una vez identificados los ítems alimentarios que componían la dieta, se calcularon las frecuencias de hallazgo de los mismos por épocas del año, realizándose comparaciones entre estaciones, sexos, tallas y grados de repleción aplicando un modelo de regresión logística simple (procedimiento GENMOD), cuya estrategia fundamental consistía en averiguar en qué medida la presencia de cada uno de los elementos alimentarios por separado dependía de las cuatro variables explicativas (factores), esto es: estación, sexo, talla y repleción. Las dos primeras fueron tratadas como categorías, mientras que las dos últimas lo fueron como regresoras; los modelos no contemplan posibles interacciones entre ellas. Se utilizó el software Sas v.8 y, para las comparaciones según los grados de repleción, se aplicó el test χ^2 .

Se realizaron análisis de agrupamiento y afinidad aplicando los índices de Bray-Curtis y de Sørensen y la técnica de ligamiento promedio UPGMA (Legendre y Legendre, 1979; Plymouth

Marine Laboratory, 1993) para definir el grado de afinidad de la dieta en los diversos aspectos analizados. A tal efecto, se utilizó el software COMM (Programm für computerunterstützte analysen von arten-stations-tabellen) y se aplicó el coeficiente de correlación cofenética (CCC) como indicador de la distorsión entre la matriz de datos y el dendrograma.

Por último, se realizó una comparación directa de las dietas de las muestras de *A. longinaris* obtenidas en el puerto de Rawson con las consignadas frente a Mar del Plata por Aquino (1996), aplicando análisis de afinidad entre ambas zonas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición cualitativa de la dieta del camarón de la zona de Bahía Engaño demostró ser muy variada. Durante el desarrollo del trabajo se han identificado 26 componentes alimentarios en los estómagos analizados (tabla I). Los elementos hallados se encontraban en general finamente fragmentados, lo que obstaculizaba llegar a una identificación taxonómica específica; por otro lado, el hallazgo de algunos

Tabla I. Ítems alimentarios que conforman la dieta del camarón *A. longinaris* de Bahía Engaño.

Elemento alimentario	Características	Observaciones
Algas		
Diatomeas	Enteras con protoplasma, frústulos	<i>Bidulphia aurita</i> , <i>Bidulphia mobiliensis</i> , <i>Bidulphia</i> spp., <i>Chaetocerus</i> sp., <i>Triceratium favus</i> , <i>Triceratium</i> spp., <i>Navicula</i> sp., <i>Synedra</i> sp., <i>Coscinodiscus</i> sp., <i>Nitzschia</i> sp., <i>Achnantes</i> sp., <i>Cocconeis</i> sp., <i>Stephanophysis</i> sp., <i>Pleurosigma</i> sp., <i>Gammatophora marina</i> , <i>Paralia sulcata</i> , <i>Paralia</i> sp., <i>Thalaciothrix</i> sp., <i>Pinnularia</i> sp., <i>Amphora</i> sp., <i>Achnanthes</i> sp.
Cianofíceas	Filamentos	<i>Callotrix</i> sp., <i>Lyngbia</i> sp.
Clorofíceas	Filamentos, fragmentos	<i>Ulothrix</i> sp., <i>Chaetomorpha</i> sp., <i>Briopsis</i> sp., <i>Ulva</i> sp., <i>Cladophora</i> sp.
Feofíceas	Filamentos	<i>Ectocarpus</i> sp.
Rodofíceas	Filamentos, fragmentos	<i>Bangia</i> sp., <i>Gelidium</i> sp., <i>Corallina</i> sp., <i>Jania</i> sp., <i>Polysiphonia</i> sp., <i>Ceramium</i> sp.
Protozoos		
Ciliados	Organismos enteros	<i>Vorticella</i> sp. y <i>Zoothamnium</i> sp.
Foraminíferos	Caparazones enteros	Formas pluriloculadas (espirales, biconvexas, biseriales y triseriales). Más de 10 especies
Dinoflagelados	Organismos enteros, quistes y fragmentos	<i>Prorocentrum</i> spp., <i>Dinophysis</i> spp., <i>Gymnodinium</i> sp., <i>Protoperidinium</i> sp., <i>Cochlodinium</i> sp., <i>Noctiluca</i> sp.
Radiolarios	Fragmentos	
Tintínidos	Organismos enteros y fragmentos	
Foliculínidos	Organismos enteros	Epibiontes en hidrocaulos
Rotíferos	Organismos enteros y fragmentos	Abundantes
Poríferos	Espículas y restos de organismos	Formas monoaxiales y triaxiales (¿Tetractinellidae?)
Cnidarios	Fragmentos de hidrozooos	Campanulariidae, Sertulariidae y Plumulariidae
Nematodos	Enteros, de vida libre	Adenophorea
Quinorrincos	Enteros	Género <i>Echinoderes</i>
Poliquetos	Quetas: simples, capilares, bilimbadas, encapuchadas, plumosas, limbadas, pinnadas, compuestas, uncini, paletas operculares. Mandíbulas	Familias Aphroditidae, Polynoidae, Eunicidae, Lumbrinereidae, Terebellidae, Serpullidae y Sillyidae (de acuerdo con las quetas encontradas)
Briozoos	Fragmentos de colonias	<i>Bugula</i> sp. y <i>Bowerbankia</i> sp.
Artrópodos		
Ácaros	Un organismo entero	Misidáceos, eufasiáceos, copépodos, anfípodos
Crustáceos	Enteros, partes del cuerpo, apéndices, antenas, sedas, larvas enteras y restos	gammáridos, decápodos y restos indeterminados. Larvas nauplios, cipris y copepoditos
Equinodermos		
Equinoideos	Púas de equinoideos	<i>Pseudechinus magallanicus</i>
Holoturoideos	Espículas	Cucumariidae, <i>Hemioedema spectabilis</i>
Plantas vasculares	Restos	Restos vegetales de aporte continental o de fanerógamas marinas
Detritos	Arena, materia orgánica particulada	
Restos orgánicos indeterminados	Material orgánico en distintos grados de digestión	Pertenecientes en su mayoría a crustáceos y poliquetos
Microfilamentos	De origen artificial, plástico	

organismos casi enteros en los ejemplares de mayor tamaño también hacía difícil uniformizar el grado de identificación de los componentes de la dieta y hubo que recurrir a distintos niveles.

Con respecto a las algas talofíceas, se hallaron principalmente las porciones apicales. Los tintínidos deben considerarse como ingeridos probablemente junto con los sedimentos, ya que son integrantes de la meiofauna. Como indica Roux (1999), el color y la opacidad de los restos de poliquetos ingeridos varían con el transcurso del tiempo de digestión, pasando de un blanco tiza a un pardo oscuro.

La mayoría de los estómagos presentaban poca cantidad de detritos y gran cantidad de presas, con la arena probablemente engullida durante el proceso de alimentación y como ayuda para la trituración de las estructuras orgánicas ingeridas (Pru *et al.*, 1994).

El promedio del número de ítems alimentarios presentes en los estómagos analizados ha sido 13,54 (desviación estándar, d.e.: $\pm 2,99$) para verano, 12,56 ($\pm 4,00$, d.e.) para primavera, 13,25 ($\pm 3,54$, d.e.) para otoño y 13,87 ($\pm 3,59$, d.e.) para invierno. La dieta del camarón de Bahía Engaño está constituida por el 72 % de organismos animales, el 24 % de organismos vegetales y el 4 % de detrito y elementos inorgánicos.

Los grupos más importantes que componen la dieta natural del camarón son algas (principalmente diatomeas, clorofíceas y rodofíceas), cnidarios, crustáceos, poliquetos, restos de plantas vasculares y foraminíferos, como queda evidenciado a través del análisis de afinidad entre elementos alimentarios, utilizando el índice de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento UPGMA (figura 2). Las frecuencias de hallazgo de los componentes alimenta-

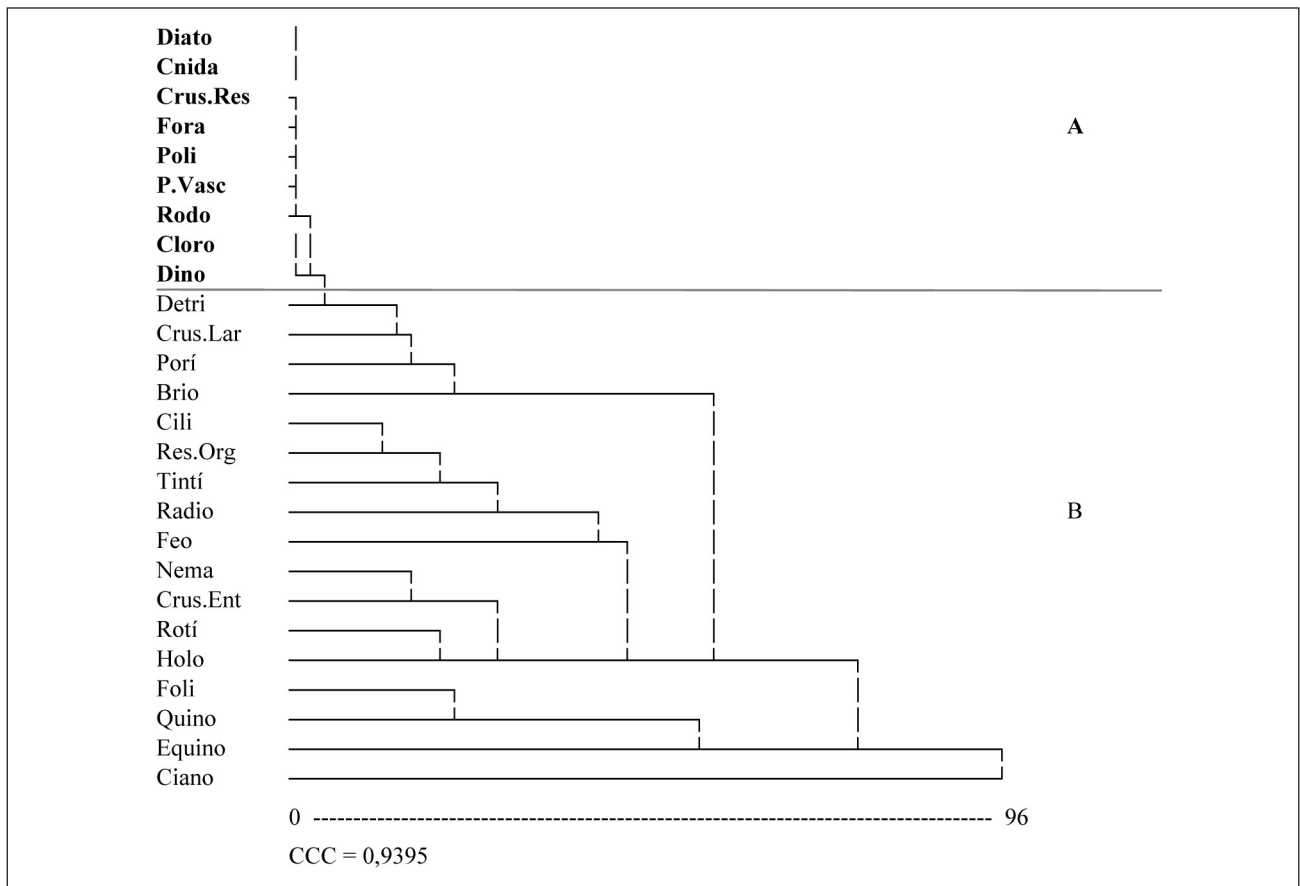


Figura 2. Dendrograma de afinidad entre ítems alimentarios obtenido aplicando el índice de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento promedio UPGMA. (A): principales componentes de la dieta –en negrita–; (B): ítems que aparecen ocasionalmente o con menor frecuencia. Códigos de taxones.- (Diato): diatomeas; (Cnida): cnidarios; (Crus.Res): restos de crustáceos; (Fora): foraminíferos; (Poli): poliquetos; (P.Vasc): plantas vasculares; (Rodo): rodofíceas; (Cloro): clorofíceas; (Dino): dinoflagelados; (Detri): detritos; (Crus.Lar): larvas de crustáceos; (Porí): poríferos; (Brio): briozoos; (Cili): ciliados; (Res.Org): restos orgánicos indeterminados; (Tintí): tintínidos; (Radio): radiolarios; (Feo): feofíceas; (Nema): nematodos; (Crus.Ent): crustáceos enteros; (Rotí): rotíferos; (Holo): holoturoideos; (Foli): foliculínidos; (Quino): quinorrincos; (Equino): equinoideos; (Ciano): cianofíceas. (CCC): coeficiente de correlación cofenética.

rios por estaciones del año y expresadas en porcentaje se presentan en la tabla II.

Los elevados valores de frecuencia de los distintos ítems identificados en este estudio difieren marcadamente de los registrados por Boschi (1969) y De Ilzarbe (1987) para el camarón de Mar del Plata. Las diferencias son menores si se comparan con los consignados en el más reciente trabajo desarrollado por Aquino (1996) en la misma zona (tabla III).

La presencia de meiofauna entre los componentes de la dieta natural del camarón confirma la sospecha de que determinadas especies del macrobentos se alimentan de meiofauna (foraminíferos, tintínidos, quinorrincos, etc.), ayudando a comprender el papel que esta comunidad desempeña en la red trófica (Roux, 1999).

El análisis de agrupamiento realizado aplicando el índice de Sorensen y la técnica de ligamiento UPGMA define dos grupos claramente diferenciados (figura 3): un primer grupo (A) formado por los ítems que componen la dieta principalmente, y un segundo grupo (B) compuesto por

otros que aparecen ocasionalmente o con menor frecuencia.

En el transcurso del estudio pudo verificarse que la actividad de alimentación de *A. longinaris* también es diurna y no solo nocturna, como se indicara anteriormente (Boschi, 1969), ya que todos los muestreos fueron realizados durante el día (de 08:00 a 16:00 h, aproximadamente) y en los estómagos fueron encontradas presas recientemente ingeridas o en una etapa inicial de digestión. Esta observación también fue realizada por Roux (1999) en ejemplares de langostino patagónico *P. muelleri* capturados en lances de pesca diurnos, en cuyos estómagos se encontró un alto porcentaje de presas recientemente capturadas o en un grado de digestión poco avanzado.

Coincidiendo con lo señalado por Olivier, Bastida y Torti (1968), Boschi (1969), De Ilzarbe (1987), Capítoli, Bager y Ruffino (1994), Aquino (1996) y Roux (1999), los componentes alimentarios encontrados en esta caracterización cualitativa de la dieta del camarón son propios de una especie con alimentación omnívoro-detritívora con ten-

Tabla II. Frecuencias de hallazgo en los camarones de los ítems alimentarios por estaciones del año y expresadas en porcentaje.

Ítems alimentarios	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Diatomeas	96,75	91,11	94,54	94,94
Cianofíceas	0	3,33	0	0
Clorofíceas	95,69	90	93,63	60,60
Rodofíceas	87,09	91,11	94,54	86
Feofíceas	0	14,44	35,45	1,01
Ciliados	9,67	21,11	30	22,22
Foraminíferos	95,69	91,11	93,63	96,96
Dinoflagelados	96,77	91,11	94,54	60,60
Radiolarios	10,75	3,33	44,54	68,68
Tintínidos	11,82	0	31,81	41,41
Foliculínidos	0	6,66	0	24,24
Rotíferos	43,01	18,88	42,72	23,23
Poríferos	89,24	88,88	19,09	78,78
Cnidarios	96,77	91,11	94,54	92,92
Nematodos	43,01	18,88	11,81	13,13
Quinorrincos	0	0	0	19,19
Poliquetos	95,69	91,11	94,54	89,89
Briozoos	64,51	78,88	38,18	42,42
Ácaros	0	0	0	1,01
Crustáceos (enteros)	38,71	2,22	13,63	9,09
Crustáceos (restos)	96,77	91,11	94,54	95,95
Crustáceos (larvas)	95,69	56,66	85,45	38,38
Equinoideos	21,50	0	0	13,13
Holoturoideos	46,23	31,11	20,90	44,44
Plantas vasculares	96,77	91,11	90	96,96
Detritos	82,79	83,33	89,09	82,82
Restos orgánicos indeterminados	10,75	7,77	34,54	26,26
Microfilamentos	0	2,22	0	0

Tabla III. Frecuencias de hallazgo en porcentaje de algunos ítems alimentarios en cuatro estudios sobre la dieta de *A. longinaris*. (-): no hay datos disponibles.

Ítems alimentarios	Frecuencias de hallazgo			
	Boschi (1969)	De Ilzarbe (1987)	Aquino (1996)	Presente estudio
Foraminíferos	1,8	-	63,9	94,39
Poríferos	17	-	51,6	66,84
Diatomeas	11,6	40	13,9	94,39
Clorofíceas	19	-	-	84,95
Rodofíceas	-	5	35,2	90,05
Crustáceos	14,4	43,3	98	94,64
Arena/detrítos	19	46,7	100	84,69

dencia a carnívora, demostrando desempeñar los papeles de consumidor primario y secundario.

A. longinaris presenta una inclinación acusada a la depredación más que a la ingesta pasiva de detrito. Este hecho fue observado también por diversos autores para otras especies de camarones (Figueras, 1986; Wassenberg y Hill, 1987; Capítoli, Bager y Ruffino, 1994; Guerao, 1995; Guerao y Rivera, 1996; Roux, 1999). Así mismo, vista la pre-

sencia de larvas de crustáceos entre los integrantes importantes de la dieta, el camarón podría alimentarse en la columna de agua mediante la captura activa zooplanctónica, como indican Boschi (1969) y Capítoli, Bager y Ruffino (1994).

Aquino (1996) menciona la importancia de la ingesta indirecta de microorganismos, como bacterias y hongos, que utilizan el material particulado como sustrato. Estos organismos, no considerados

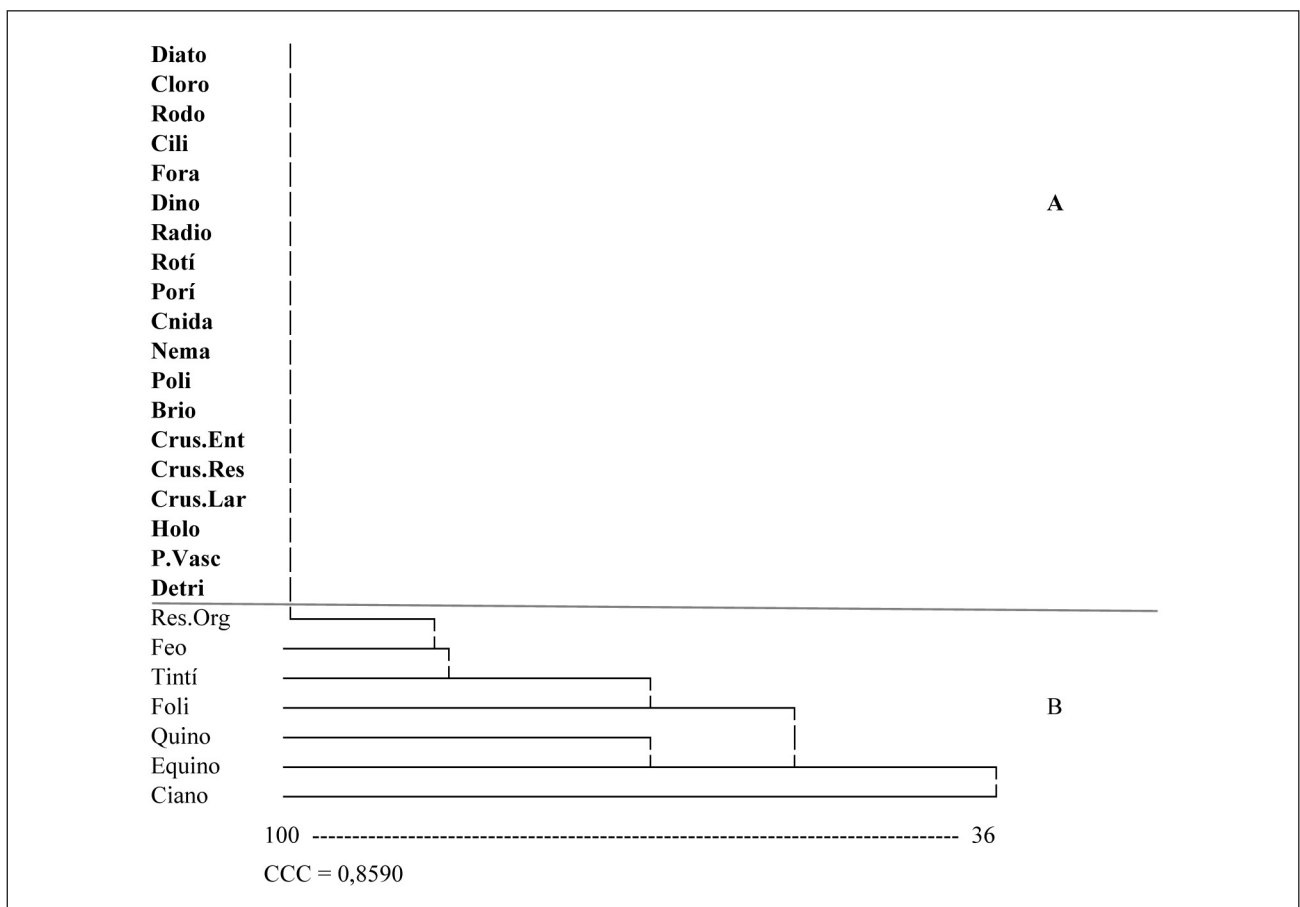


Figura 3. Dendrograma de agrupamiento de los ítems alimentarios (ver códigos en el pie de la figura 2) obtenido aplicando el índice de Sørensen y la técnica UPGMA. (A): ítems principales componentes de la dieta –en negrita–; (B): ítems que aparecen ocasionalmente o con menor frecuencia. (CCC): coeficiente de correlación cofenética.

en el presente estudio, constituyen un aporte notable a la nutrición en esta especie.

De acuerdo con las observaciones realizadas, la alimentación de *A. longinaris* de Bahía Engaño no difiere cualitativamente en la composición de la dieta, en rasgos generales, de la de otros crustáceos decápodos, como *Penaeus esculentus* (Haswell, 1879), *Penaeus semisulcatus* De Haan, 1844, *Penaeus meguiensis* De Man, 1888 y *P. muelleri* Bate, 1888 (Wassenberg y Hill, 1987, 1993; Roux, 1999).

Composición de la dieta por sexos

De acuerdo con los resultados de la aplicación del método de regresión logística, no se observan diferencias respecto a la composición de la dieta entre machos y hembras ($p < 0,001$) (tabla IV). Este hecho fue registrado también para otras especies de decápodos, como *P. muelleri* (Roux, 1999), *Palaemon xiphias* Risso, 1816 (Guerao, 1995) y *P. semisulcatus* (Wassenberg y Hill, 1987).

Tabla IV. Resultados de la aplicación del modelo logístico de regresión a los componentes de la dieta del camarón por estaciones del año, sexo, talla y repleción. (*): $p < 0,001$.

Ítems alimentarios	Estaciones	Sexo	Talla	Repleción
Diatomeas				*
Cianofíceas	*			
Clorofíceas	*			*
Rodofíceas				*
Feofíceas	*			
Ciliados				
Foraminíferos				*
Dinoflagelados	*		*	*
Radiolarios	*		*	*
Tintínidos	*			
Foliculínidos	*			
Rotíferos	*	*		
Poríferos	*			*
Cnidarios				*
Nematodos	*			
Quinorrincos	*			
Poliquetos				*
Briozoos	*		*	
Ácaros	No se pudo realizar el análisis			
Crustáceos	*		*	
Crustáceos (larvas)	*		*	*
Equinoideos	*			
Holoturoideos				
Plantas vasculares				*
Detritos				*
Restos orgánicos indeterminados	*			
Microfilamentos	No se pudo realizar el análisis			

Composición de la dieta en relación con la talla

A pesar de no haberse realizado en este estudio una cuantificación de los ítems alimentarios presentes en cada estómago, se pudo observar que en los individuos de camarón de talla mayor se encontraban mejor representados los crustáceos enteros, los restos de crustáceos y los restos vegetales, mientras que en los individuos más pequeños se observó el predominio de las larvas de crustáceos.

Estas diferencias en la dieta se acentúan con el aumento de talla de los ejemplares estudiados. Diversos autores (Roux, 1999; Guerao, 1995; Guerao y Rivera, 1996; Figueras, 1986; Oh, Hartnoll y Nash, 2001), en estudios realizados sobre la alimentación de distintas especies de camarones, señalan el incremento del tamaño y la dureza de las presas ingeridas conforme aumenta la talla de los ejemplares que las capturan. Figueras (1986) relaciona este hecho con el engrosamiento del estómago y el aumento de tamaño y fortalecimiento de las piezas bucales.

El modelo logístico de regresión, considerando cada alimento por separado, evidencia la relación existente entre algunos de ellos y la talla de los ejemplares de *A. longinaris* estudiados (tabla II).

Realizado el análisis de afinidad entre las diferentes tallas, se observa que la variedad en la composición de las dietas respectivas no es muy extensa, ya que los valores registrados aplicando el índice de Bray-Curtis no superan el grado 22 (afinidad máxima: 1; afinidad mínima: 100) (figura 4). Sin embargo, se puede observar mayor afinidad entre las dietas de las tallas menores (9 a 17 mm) y también entre las de tallas mayores (18 a 26 mm), siendo el grupo de tallas inferiores a 9 mm y el de superiores a 26 mm los menos semejantes entre sí.

Composición de la dieta por épocas del año

El análisis de afinidad entre las estaciones del año (aplicando el índice de Bray-Curtis y la técnica de ligamiento UPGMA), demostró que ésta es elevada, con valores entre 11 y 15 (figura 5). Esto reflejaría la ausencia de variaciones notorias en la composición de la dieta a lo largo del año. Las diferencias apreciables son atribuibles a la presencia de elementos ocasionales, como microfilamentos,

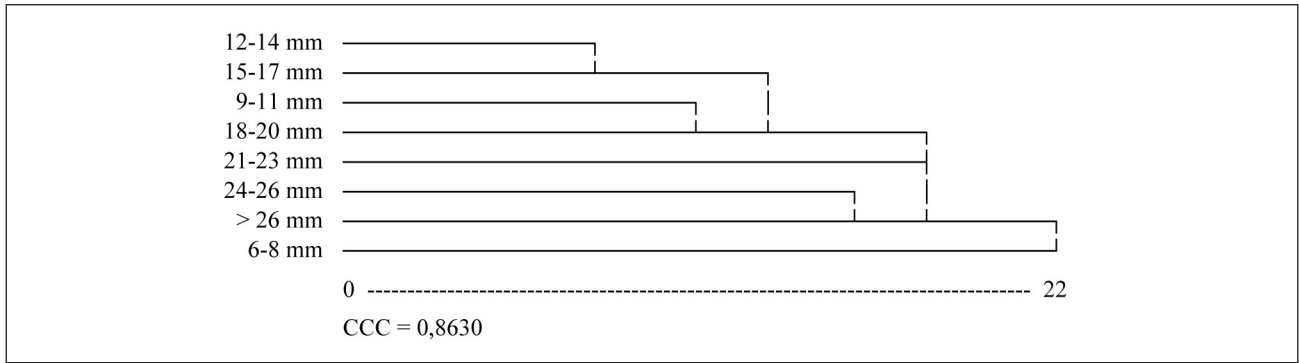


Figura 4. Análisis de afinidad entre los rangos de talla de los camarones empleando el índice de Bray-Curtis y la técnica UPGMA. (CCC): coeficiente de correlación cofenética.

ácaros y cianofíceas, hallados en los contenidos estomacales analizados.

Si se considera cada alimento de forma independiente, se podría concluir que existen diferencias estacionales entre algunos de ellos. Un estudio más detallado al respecto brindaría la oportunidad de tener una visión del comportamiento de cada ítem, pero no así del conjunto de alimentos que conforman la dieta (tabla II).

Relación entre la composición de la dieta y el sustrato

La población del camarón de Bahía Engaño se distribuye en un área limitada de características bien definidas, con cuyos ambientes mantiene un equilibrio. Esta área se caracteriza por un sedimento de granulometría fina, que va tornando a más fangosa con la profundidad por la presencia sobre el sustrato de restos vegetales aportados por el arrastre de las aguas del río Chubut.

Las fluctuaciones eventuales de abundancia en la población de *A. longinaris* pueden atribuirse, entre otras causas, a las variaciones en la disponibilidad de alimento y a las características del sustrato,

como ya fuera indicado para el langostino patagónico *P. muelleri* (Roux, Fernández y Bremec, 1995; Roux y Fernández, 1997). Estas fluctuaciones impactan directamente en la comercialización e industrialización de este recurso (Angelescu y Boschi, 1959).

La comunidad bentónica que caracterizaría el sector de Bahía Engaño ha sido definida por Roux, Fernández y Bremec (1995) como constituida principalmente por elementos coloniales, como briozoos e hidrozoos y poríferos, en concordancia con los estudios realizados en el litoral de Chubut y Golfo San Jorge. Estos elementos han sido registrados como componentes de la dieta del camarón y reflejan la relación de éste con el sustrato sobre el que habita, caracterizado por asociaciones faunísticas típicas de fondos arenosos de granulometría mediana-gruesa.

Grado de repleción de los estómagos

Realizando el análisis de los grados de repleción relativa sin discriminar por sexos, estaciones del año o tamaño de los individuos, se observó que solo el 5% de los ejemplares presentaban el estómago vacío. Los grados 2 y 3 fueron los más represen-

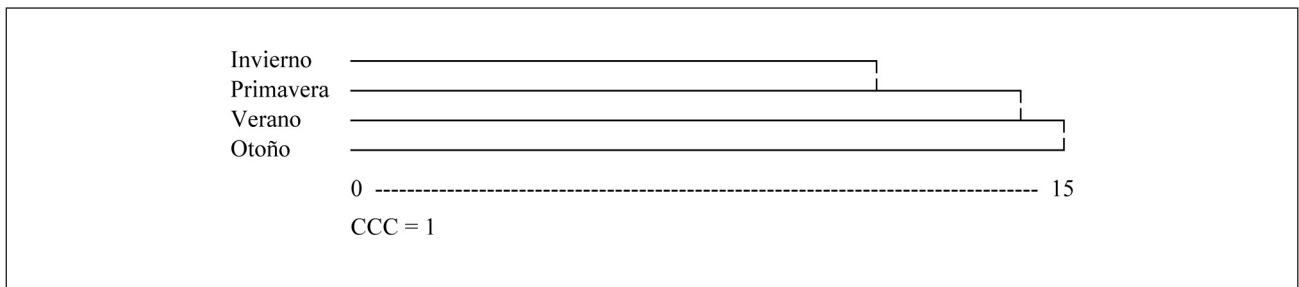


Figura 5. Análisis de afinidad entre las estaciones del año (julio de 1999, octubre de 1999, enero de 2000 y abril de 2000) aplicando el índice de Bray-Curtis y la técnica UPGMA. (CCC): coeficiente de correlación cofenética.

tados, con valores del 28 % y el 34 % respectivamente, mientras que el grado 1 se registraba en el 13 % de los estómagos analizados. El 20 % restante de individuos se encontraban con el estómago totalmente lleno (grado 4) (figura 6).

Analizando la repleción por sexos se observa que los distintos grados mantienen aproximadamente los porcentajes mencionados, determinándose, además, la ausencia de diferencias significativas entre las cantidades de alimento presente en los estómagos de machos y de hembras ($\chi^2 = 0,88$; g.l.: 4; $p > 0,05$) (figura 7). Este resultado no coincide con el obtenido por Aquino (1996) en estudios semejantes sobre el camarón de la zona de Mar del Plata, que señalaba la mayor actividad alimentaria de las hembras durante el periodo analizado.

Al realizar la comparación entre sexos de los grados de repleción en cada estación del año, se determinó que tampoco existen diferencias significativas (verano: $\chi^2 = 0,63$, g.l.: 4, $p > 0,05$; otoño: $\chi^2 = 0,95$, g.l.: 4, $p > 0,05$; invierno: $\chi^2 = 0,59$, g.l.: 4, $p > 0,05$; primavera: $\chi^2 = 0,24$, g.l.: 4, $p > 0,05$).

En la figura 8 se puede observar que tanto en verano como en otoño el grado de repleción más representativo fue el correspondiente a estómagos llenos al 75 %; en invierno, en cambio, predomina la repleción en grado 2. En primavera la mayor cantidad de machos evidencia el grado 2 y las hembras el grado 3.

Analizando los grados de repleción por tamaños se observa que no existen diferencias significativas entre los ocho rangos de talla establecidos ($\chi^2 = 0,85$; g.l.: 28; $p > 0,05$), y tampoco las hay entre las cuatro estaciones del año en la repleción por épocas ($\chi^2 = 0,018$; g.l.: 12; $p > 0,05$).

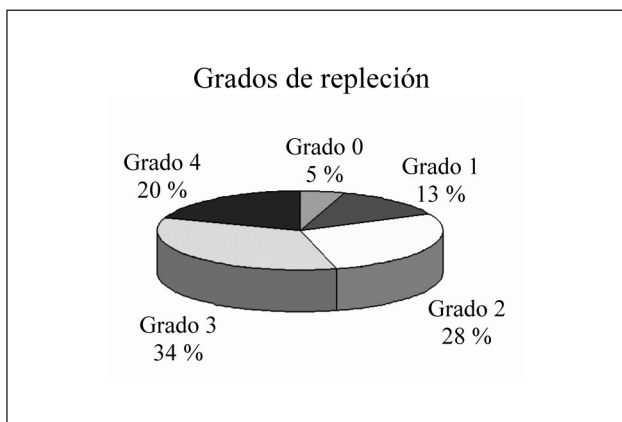


Figura 6. Grados de repleción de la totalidad de estómagos de *A. longinaris* analizados durante el presente estudio.

Comparación de las dietas de *A. longinaris* de las zonas de Bahía Engaño (Chubut) y Mar del Plata (Buenos Aires)

Según los estudios realizados por Boschi (1969) con muestras de camarón capturado por la flota comercial que opera con base en el puerto de Mar del Plata, éstos son los componentes principales de su dieta: algas, arena, espículas de esponjas, restos de crustáceos, diatomeas, radiolarios, tintínidos, escamas de peces, foraminíferos, huevos de peces y copépodos. Estudios más recientes (Aquino, 1996), realizados sobre muestras obtenidas en la boca de la albufera de Mar Chiquita (proximidades de Mar del Plata), agregan a este listado nuevos ítems hasta el total de 22.

Al realizar la comparación de la dieta del camarón de Bahía Engaño con la del de Mar del Plata (tabla V) aplicando el análisis de afinidad entre estas dos zonas (índice de Sørensen y técnica UPGMA), el valor hallado fue 75 (afinidad mínima: 1; afinidad máxima: 100). Se observa que en las muestras de la primera zona el número de ítems alimentarios presentes es mayor. Los elementos no comunes a ambas zonas son cianofíceas, feofíceas, dinoflagelados, radiolarios, foliculínidos, rotíferos, quinorricos, ácaros y equinoideos, presentes en las muestras de Bahía Engaño, y moluscos, huevos de invertebrados y peces, ausentes en las mismas a pesar de formar parte de las comunidades ocupantes del sector.

Así mismo, debe mencionarse que los elementos alimentarios de Bahía Engaño muestran un número de taxones involucrados mayor que los de Mar del Plata (tabla V), esto se observa nítidamente con

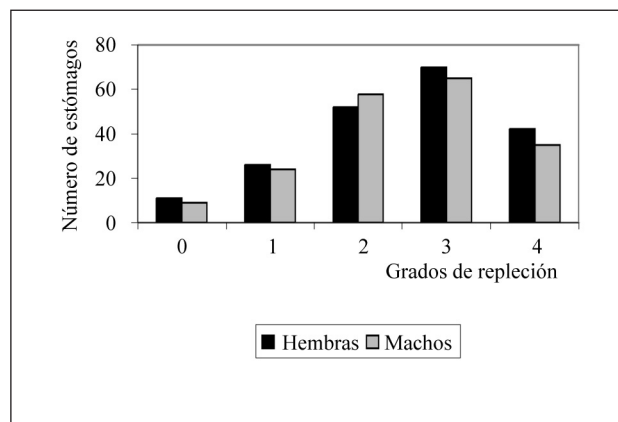


Figura 7. Grados de repleción estomacal diferenciando machos y hembras de *A. longinaris* a lo largo del presente estudio.

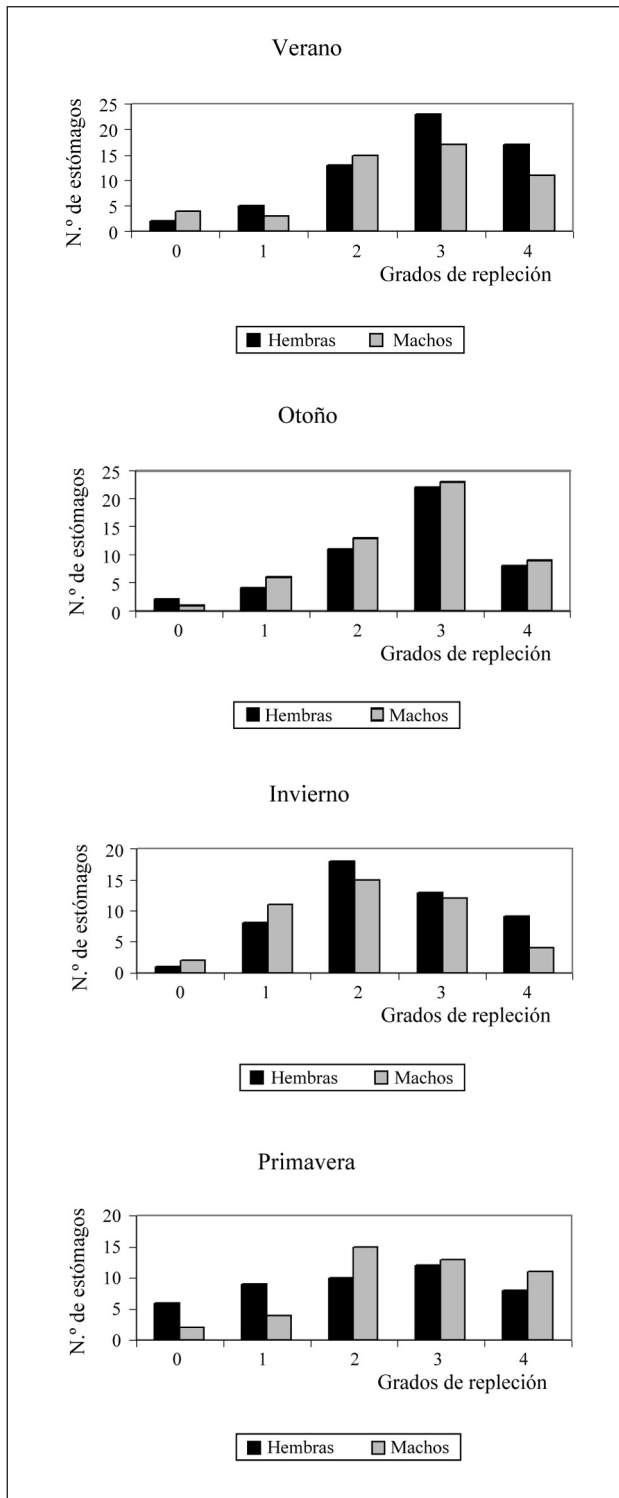


Figura 8. Grados de repleción estomacal de machos y hembras de *A. longinaris* en verano, otoño, invierno y primavera en Bahía Engaño.

las diatomeas, grupo representado por 21 taxones en Bahía Engaño y por 4 en Mar del Plata. Es probable que esta diferencia se deba a que Bahía Engaño constituye un ambiente más abierto que la

Tabla V. Ítems alimentarios que conforman las dietas de *A. longinaris* de Bahía Engaño y de Mar del Plata. (*): ítem identificado.

Ítems alimentarios	Bahía Engaño	Mar del Plata
Diatomeas	* 21 taxones	*4 taxones
Cianofíceas	*2 taxones	
Clorofíceas	*5 taxones	*2 taxones
Rodofíceas	*6 taxones	*1 taxón
Feofíceas	*1 taxón	
Ciliados	*2 taxones	*1 taxón
Foraminíferos	*Más de 10 taxones	*Sin dato
Dinoflagelados	*6 taxones	
Radiolarios	*	
Tintínidos	*	*
Foliculínidos	*	
Rotíferos	*	
Poríferos	*	*
Cnidarios	* 3 taxones	* 3 taxones
Nematodos	* 1 taxón	* Sin dato
Quinorrincos	* 1 taxón	
Poliquetos	* 7 taxones	* Sin dato
Moluscos	*	*
Briozoos	* 2 taxones	* 2 taxones
Ácaros	* 1 taxón	
Crustáceos	* 6 taxones	* 7 taxones
Crustáceos (larvas)	* 3 tipos	* 1 tipo
Equinoideos	* 1 taxón	
Holoturoideos	* 2 taxones	* Sin dato
Huevos de invertebrados		*
Peces		*
Plantas vasculares	*	*
Detritos	*	*
Restos orgánicos indeterminados	*	*
Microfilamentos	*	*

albufera de Mar Chiquita, con la confluencia de las corrientes marinas de Brasil y de Malvinas, y, por tanto, con una mayor productividad de sus aguas y más amplia diversidad de sus comunidades.

CONCLUSIONES

Se ha constatado una tendencia acusada a la depredación, más que a la ingesta pasiva de detritos, en los individuos de *A. longinaris* capturados en Bahía Engaño durante la temporada de realización del estudio.

Por orden de importancia, crustáceos, poliquetos, restos vegetales y diatomeas son los ítems esenciales que componen la dieta del camarón, tanto en número de especies como en abundancia, de lo que cabe deducir una gran disponibilidad de alimento en la zona de Bahía Engaño.

El elevado porcentaje de individuos que, capturados de día, mostraban presencia de alimento predigerido en su estómago demuestra que esta especie se alimenta también en horas diurnas y no solo durante la noche, como se establecía.

No se encontraron diferencias significativas en la composición de la dieta de *A. longinaria* entre machos y hembras, entre las distintas tallas y tampoco entre las distintas estaciones del año.

La población de camarón de Bahía Engaño mantiene un equilibrio con su ambiente, aspecto contemplado en este estudio a través de su relación con el sustrato y las comunidades que lo habitan. La composición cualitativa de la dieta de *A. longinaria* en Bahía Engaño es más variada que la de la misma especie en Mar del Plata, lo que se relaciona con la mayor diversidad de especies de Bahía Engaño, consecuencia de su ecosistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Angelescu, V. y E. E. Boschi. 1959. Estudio biológico pesquero del langostino de Mar del Plata en conexión con la Operación Nivel Medio. *Servicio de Hidrografía Naval Argentina* H (1017): 1-135.
- Aquino, J. B. 1996. *Variaciones cuali-cuantitativas de la dieta natural del camarón Artemesia longinaria Bate (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) durante el ciclo de muda*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina: 31 pp.
- Boschi, E. E. 1969. Estudio biológico pesquero del camarón *Artemesia longinaria* Bate de Mar del Plata. *Bol. Inst. Biol. Mar. (Mar del Plata)* 18: 1-47.
- Boschi, E. E., C. E. Fischbach y M. I. Dorio. 1992. Catálogo ilustrado de los crustáceos estomatópodos y decápodos marinos de Argentina. *Frente Marítimo* 10 (A): 7-94.
- Boschi, E. E. y M. A. Scelzo. 1967. Campaña exploratoria camaronesa en el litoral de la Provincia de Buenos Aires (16-24 de febrero de 1967). *Proyecto de Desarrollo Pesquero Argentina-PNUD-FAO. Serie Informes Técnicos* 2: 21 pp.
- Caille, G. 1990. La pesca del camarón argentino y del langostino patagónico en la Bahía Engaño, Patagonia, Argentina (1985-1990). Rendimiento bioeconómico, posibilidades y alternativas para el bienio 1991-1992. Informe del proyecto PI-N-UNP, UNPSJB. Doc. Téc. C6-1991/PI-N-UNP: 7 pp.
- Caille, G. 1993. *Evaluación del impacto sobre la comunidad íctica del área sur de la Bahía Engaño, de las obras de dragado y voladuras en el Puerto de Rawson, Chubut, Argentina. Informe Final PI 90*. Universidad Nacional de la Patagonia. Patagonia, Argentina: 50 pp.
- Capitolí, R., A. Bager y M. Ruffino. 1994. Contribuição ao conhecimento das relações tróficas bentónico-demersais nos fundos de pesca do camarão *Artemesia longinaria* Bate, na região da Barra da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Nauplius* 2: 53-74.
- Carriquiriborde, L. E. 1984. *Ecología poblacional de camarones del litoral patagónico: ecología y pesquería del camarón Artemesia longinaria, Bate en Bahía Engaño, Chubut*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina: 92 pp.
- Figueras, A. 1986. Alimentación de *Palaemon adspersus* (Rathke, 1837) y *Palaemon serratus* (Pennant, 1777) (Decapoda: Natantia) en la Ría de Vigo (NO España). *Cahier de Biologie Marine* 27: 77-90.
- Guerao, G. 1995. Locomotor activity patterns and feeding habits in the prawn *Palaemon xiphias* (Crustacea; Decapoda; Palaemonidae) in Alfacs Bay, Ebro Delta (northwest Mediterranean). *Mar. Biol.* 122 (1): 115-119.
- Guerao, G. y C. Rivera. 1996. Locomotor activity and feeding habits in the prawn *Palaemon serratus* (Pennant, 1777) (Decapoda; Palaemonidae) in the Alfacs Bay, Ebro Delta, Spain. *Crustaceana* 69 (1): 101-112.
- Harán, N. S., J. L. Fenucci y A. C. Díaz. 1992. Efectos de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y la supervivencia del camarón (*Artemesia longinaria*) y del langostino (*Pleoticus muelleri*). *Frente Marítimo* 11 (A): 79-83.
- Izarbe, M. de. 1987. *El camarón (Artemesia longinaria) y su fauna acompañante en el área costera de Mar del Plata*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina: 29 pp.
- Legendre, L. y P. Legendre. 1979. La mesure de la ressemblance. Le groupement. En: *Le structure des données écologiques* (Ecologie Numerique). Masson (eds.) II: 1-99. Paris et les Presses de l'Université du Québec. Paris.
- Oh, C. W., R. Hartnoll y R. Nash. 2001. Feeding ecology of the common shrimp *Cragnon cragnon* in Port Erin Bay, Isle of Man, Irish Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 214: 211-223.
- Olivier, S., R. Bastida y M. Torti. 1968. Ecosistema de las aguas litorales de Mar del Plata. *Inst. Biol. Mar. (Mar del Plata). Contrib.* 58: 1-45.
- Petriella, A. M. y R. J. Bridi. 1992. Variaciones estacionales del ciclo de muda y la maduración ovárica del camarón (*Artemesia longinaria*). *Frente Marítimo* 11 (A): 85-92.
- Plymouth Marine Laboratory. 1993. *Environmental effects on Benthic communities*. European Science Foundations. Plymouth, Inglaterra: 144 pp.
- Prejs, A. y G. Colomine. 1981. *Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces*. Ed. Universidad Central de Venezuela. Caracas: 129 pp.
- Pru, E. P., J. Millán, G. Robaina y F. Cervigón. 1994. Análisis del contenido gastrointestinal del camarón *Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817 (Decapoda: Penaeidae) cultivado en estanques con fondo de tierra. *Revista Latinoamericana de Acuicultura* 43: 17-24.
- Roux, A. 1999. Composición de la dieta de *Pleoticus muelleri* del Golfo San Jorge, Argentina. En: *VIII COLACMAR. Libro de resúmenes ampliados*. A. Tresierra Aguilar y Z. Culquichicón Malpica (eds.) I: 65-66. Perú.
- Roux, A. y M. Fernandez. 1997. Caracterización de los fondos de pesca del langostino patagónico *Pleoticus muelleri* en el Golfo San Jorge y litoral de la Provincia de Chubut, Argentina. *INIDEP. Serie Informes Técnicos* 13: 28 pp.

- Roux, A., M. Fernández y C. Bremec. 1995. Estudio preliminar de las comunidades bentónicas de los fondos de pesca del Golfo San Jorge (Argentina). *Ciencias Marinas* 21 (2): 295-310.
- Ruffino, M. L. y J. P. Castello. 1992. Dinámica poblacional del camarón (*Artemisa longinavis*) del Sur del Brasil. *Frente Marítimo* 12 (A): 71-81.
- Wassenberg, T. y B. Hill. 1987. Natural diet of the tiger prawns *Penaeus esculentus* and *Penaeus semisulcatus*. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 38: 169-182.
- Wassenberg, T. y B. Hill. 1993. Diet and feeding behaviour of juvenile and adult banan prawn *Penaeus merguianus* in the Gulf of Carpentaria, Australia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 94: 287-295.

EVALUADORES (*REFEREES*)

El Instituto Español de Oceanografía agradece a los evaluadores que aparecen a continuación, así como a los que prefieren permanecer anónimos, su revisión crítica de los artículos de esta publicación (*The Instituto Español de Oceanografía thanks referees listed below, as well as others who prefer to remain anonymous, for their critical revision of this publication*).

Balguerías Guerra, Eduardo. Centro Oceanográfico de Canarias. Instituto Español de Oceanografía. Carretera de San Andrés, s/n. Apartado 130. E-38120 Santa Cruz de Tenerife, España.
eduardo.balguerias@ca.ieo.es

Bone Torroja, David. Departamento de Biología Animal. Facultad de Ciencias Universidad de Alcalá. Campus Universitario. Carretera Madrid-Barcelona, km 33,600. E-28871 Alcalá de Henares (Madrid), España. dpto.bioani@uah.es

Caramelo, Ana María. FAO. Viale delle Terme di Caracalla. I-00100 Roma, Italia. ana.caramelo@fao.org

Carrera, Pablo. Museo del Mar de Vigo. Avenida Atlántida, s/n. Alcabre, Vigo (Pontevedra), España. pablo.carrera@terra.es

Caverivière, Alain. Centre de Recherche Halieutique. Ifremer/IRD. Avenue Jean Monnet. BP 171. F-34203 Sète Cedex, Francia.
caverivi@mpl.ird.fr y acaveriv@ifremer.fr

Corral Estrada, Jerónimo. Instituto Español de Oceanografía. Avenida de Brasil, 31. E-28020. Madrid, España. j.corral@md.ieo.es

Cuesta, José Antonio. Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía. CSIC. Avenida República Saharaui, 2. E-11510 Puerto Real (Cádiz), España.
jose.cuesta@icman.csic.es

García-Lafuente, Jesús M. Grupo Oceanografía Física Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Campus de Teatinos, s/n. E-29071 Málaga, España. glafuente@ctima.uma.es

Gil Rodríguez, María Candelaria. Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Universidad de La Laguna. Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Campus de Anchieta. E-38071 La Laguna (Tenerife), España. mcgil@ull.es

Lorenzo Nespereira, José María. Departamento de Biología Animal. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus de Tafira, s/n. E-35017 Las Palmas de Gran Canaria, España.
josemaria.lorenzo@biologia.ulpgc.es

- Lozano Soldevilla, Gonzalo. Unidad Docente e Investigadora de Ciencias Marinas. Departamento de Biología Animal. Facultad de Biología. Universidad de La Laguna. Avenida Astrofísico Francisco Sánchez, s/n. Campus de Anchieta. E-38071 La Laguna (Tenerife), España. bioani@ull.es
- Mahevas, Stéphanie. Laboratoire MAERHA Ifremer. B. P. 21105. F-44311 Nantes Cedex 03, Francia. stephanie.mahevas@ifremer.fr
- Mosqueira, Iago. Centre for Environment Fisheries & Aquaculture Science (Cefas). Pakefield Road. Lowestoft NR33 0HT. UK. iago.mosqueira@cefas.co.uk
- Mosquera de Arancibia, Concha. Instituto Español de Oceanografía. Avenida de Brasil, 31. E-28020 Madrid, España. concha.mosquera@md.ieo.es
- Olivar Buera, M.^a Pilar. Centre Mediterrani d'Investigacions Marines i Ambientals (CMIMA). Institut de Ciències del Mar. Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49. E-08003 Barcelona, España. polivar@icm.csic.es
- Rodríguez de León, Argeo. Instituto Español de Oceanografía. Avenida de Brasil, 31. E-28020 Madrid, España. argeo.rodriguez@md.ieo.es
- Salas Casanova, Carmen. Departamento de Biología Animal. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. Avenida Cervantes, 2. E-29071 Málaga, España. casanova@uma.es
- San Martín Peral, Guillermo. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco. Darwin, 2. E-28049 Madrid, España. guillermo.sanmartin@uam.es
- Sardà Amills, Francisco. Recursos Marins Renovables. Institut de Ciències del Mar. CSIC. Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49. E-08003 Barcelona, España. siscu@icm.csic.es
- Trujillo Gorbea, Valentín. Centro Oceanográfico de Vigo. Instituto Español de Oceanografía. Cabo Estay, Canido. E-36280 Vigo (Pontevedra), España. valentin.trujillo@vi.ieo.es

ÍNDICE DE AUTORES

- Adarraga, I.: 53
Andreu-Soler, A.: 23
Caille, G.: 99
Costas, G.: 91
Cremades, J.: 65
Damm, U.: 73
Drakopoulos, P.: 73
Fariña, A. C.: 41
Fernández-Delgado, C.: 23
Freire, J.: 41
Fromentin, J. M.: 73
Fuentes, L.: 3
Fuertes, C.: 65
Gallego, J. L.: 83
Iglesias, J.: 3
Leonart, J.: 73
Lloret, J.: 73
López, E.: 53
Mackenzie, B.: 73
Mafalda Jr., P.: 13
Martínez, J.: 53
Moxica, C.: 3
Oliva-Paterna, F. J.: 23
Otero, J. J.: 3
Peteiro, C.: 65
Preciado, I.: 83
Punzón, A.: 83, 91
Roux, A.: 99
Rubín, J. P.: 13
Salinas, J. M.: 65
Sampaio de Souza, C.: 13
Sánchez, F. J.: 3
Spanjersberg, G.: 99
Stergiou K. I.: 73
Torralva, M.: 23
Vila, Y.: 83
Wegner, G.: 73

ÍNDICE (CONTENTS)

L. FUENTES, J. J. OTERO, C. MOXICA, F. J. SÁNCHEZ AND J. IGLESIAS. Application of different external tagging methods to <i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797, with special reference to T-bar anchor tags and Petersen disks (<i>Aplicación de diferentes métodos de marcado externo a Octopus vulgaris Cuvier, 1797 con referencia especial a las marcas de tipo T y a los discos de Petersen</i>)	3
J. P. RUBÍN, P. MAFALDA JR. Y C. SAMPAIO DE SOUZA. Efectos de los cambios interanuales en las masas de agua sobre la comunidad de larvas de peces en el estrecho de Gibraltar y la zona noroeste del mar de Alborán (frontera atlántico-mediterránea) (<i>Effects of interannual water-mass changes in the community of fish larvae in the Straits of Gibraltar and the northwest Alboran Sea (Atlantic-Mediterranean transition zone)</i>)	13
A. ANDREU-SOLER, F. J. OLIVA-PATERNA, C. FERNÁNDEZ-DELGADO Y M. TORRALVA. Estrategia de vida de <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810 (Pisces, Atherinidae) en la laguna costera de Mar Menor (sureste de la península Ibérica) (<i>Life strategy of Atherina boyeri Risso, 1810 (Pisces, Atherinidae) in the Mar Menor coastal lagoon (southeastern Iberian Peninsula)</i>)	23
A. C. FARIÑA Y J. FREIRE. Morfometría de la cigala <i>Nephrops norvegicus</i> (L., 1758) de Galicia (noroeste de España) (<i>Morphometry of Norway lobster Nephrops norvegicus (Linnaeus, 1758) from Galicia (northwest Spain)</i>)	41
J. MARTÍNEZ, I. ADARRAGA Y E. LÓPEZ. Nuevos datos del género <i>Boccardia</i> Carazzi, 1893 (Polychaeta: Spionidae) para la península Ibérica y el océano Atlántico (<i>New data of the genus Boccardia Carazzi, 1893 (Polychaeta: Spionidae) for the Iberian Peninsula and the Atlantic Ocean</i>)	53
J. M. SALINAS, J. CREMADES, C. PETEIRO Y C. FUERTES. Influencia de las características del hilo de siembra en el cultivo experimental de <i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar y <i>Laminaria saccharina</i> (L.) Lamouroux (Laminariales, Phaeophyta) (<i>Impact of collector string characteristics on experimental culture of Undaria pinnatifida (Harvey) Suringar and Laminaria saccharina (L.) Lamouroux (Laminariales, Phaeophyta)</i>)	65
J. LLORET, G. WEGNER, J. LLEONART, K. I. STERGIU, J. M. FROMENTIN, B. MACKENZIE, U. DAMM AND P. DRAKOPOULOS. Variability of physical factors relevant to fisheries production in the Mediterranean Sea, North Sea and Baltic Sea (<i>Variabilidad de factores físicos importantes para la producción pesquera en el mar Mediterráneo, Mar del Norte y el mar Báltico</i>) . . .	73

I. PRECIADO, A. PUNZÓN, J. L. GALLEGO AND Y. VILA. Using time series methods for completing fisheries historical series (<i>Empleo de modelos de series temporales para la mejora de la calidad de las series históricas en pesquerías</i>)	83
G. COSTAS AND A. PUNZÓN. Trends in Spanish catch rates for Northern European hake <i>Merluccius merluccius</i> (L., 1758): Standardizing trawler and longliner fleets in ICES subarea VII (<i>Análisis de las tasas de captura de la merluza europea Merluccius merluccius (L., 1758) del stock norte: estandarización del esfuerzo de las flotas españolas arrastreras y palangreras que faenan en la subárea VII del CIEM</i>)	91
G. SPANJERSBERG, A. ROUX Y G. CAILLE. Composición cualitativa de la dieta del camarón <i>Artemesia longinaris</i> Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) de Bahía Engaño (Chubut), Argentina (<i>Qualitative composition of the diet of the shrimp Artemesia longinaris Bate, 1888 (Decapoda, Penaeidae) from Engaño Bay, Chubut, Argentina</i>)	99
EVALUADORES (REFEREES)	113
ÍNDICE DE AUTORES	115
ÍNDICE (CONTENTS)	117

BOLETÍN. INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

Publicación científica dedicada a las Ciencias Marinas y a la Oceanografía en sus distintas ramas: Biología, Ecología, Geología, Física, Química, Pesquerías, Acuicultura y Contaminación.

Podrán publicarse en **BOLETÍN** artículos de investigación, revisiones temáticas, notas, monografías, simposios y congresos.

GUÍA PARA LOS AUTORES

Idiomas

Se aceptarán originales en español o inglés, indistintamente.

Preparación de originales

Los originales se mecanografiarán a doble espacio, en tamaño DIN A-4. En general, para los artículos enviados a **BOLETÍN**, se procurará limitar la extensión a un máximo de 15 páginas impresas (dos páginas mecanografiadas de 39 líneas y 62 matrices por línea representan una página impresa).

El texto debe presentarse en la siguiente forma:

Título del trabajo, nombres de los autores cada uno con su institución, dirección postal (calle, ciudad, país) y correo electrónico, y los números de teléfono y fax del primer autor.

Se incluirá un título abreviado.

A continuación figurarán un resumen en español y otro en inglés (*abstract*), con el título del trabajo en inglés.

El trabajo, cuando su naturaleza lo permita, se articulará en introducción, material y métodos, resultados, discusión, agradecimientos y bibliografía.

Los símbolos y signos químicos, físicos o matemáticos se escribirán siempre ateniéndose a las normas internacionales vigentes: SI (Sistema Internacional de Unidades), ISO (*International Standard Organization*) y UNE (Una Norma Española). Di-

chos símbolos, por tanto, se escribirán siempre sin punto y permanecerán invariables en plural. Las normas ISO y UNE servirán siempre de referencia en la elaboración de originales.

En español las mayúsculas también se acentuarán siguiendo las normas correctas de ortografía.

Para facilitar la lectura de números de muchas cifras, éstas pueden separarse en grupos apropiados, preferentemente de tres cifras, a contar desde el signo decimal en uno y otro sentidos; los grupos deben ir separados por un pequeño espacio, pero nunca por un punto u otro signo.

El signo decimal es una coma en la parte baja de la línea. En los textos escritos en inglés puede utilizarse también un punto, siempre en la parte baja de la línea.

Los números que indiquen años tampoco llevarán punto pero, al contrario que en el caso anterior, en su lugar no se dejará ningún espacio. Por ejemplo, la forma correcta de escribir año dos mil seis es 2006.

El nombre vulgar de las especies, cuando se citen por primera vez (en los títulos en español y en inglés, en el resumen, en el *abstract* y en el resto del texto), debe ir seguido de su nombre científico y éste, a ser posible, del nombre del autor que la describió y del año. En las veces posteriores en que aparezca el nombre de la especie no se volverán a citar ni autor ni año.

Irán en cursiva los nombres de géneros y especies, así como los nombres de revistas y simposios y los títulos de los libros.

No se aceptarán llamadas a pie de página.

El trabajo de edición se facilitará notablemente si se presenta el texto seguido, sin sangrías de párrafo y sin tabuladores en el texto.

Para la elaboración del original se utilizarán los programas Microsoft Word o WordPerfect.

Resumen y abstract

Ambos apartados no excederán de 125 palabras cada uno y darán a conocer los objetivos del traba-

jo así como los procedimientos seguidos y los resultados y datos más significativos obtenidos.

Al principio del *abstract* se incluirá el título del trabajo en inglés y al final de cada apartado figurarán hasta un máximo de ocho palabras clave, no incluidas en el título y por orden de importancia, representativas del trabajo.

Introducción

La introducción no excederá de 500 palabras, indicará brevemente los objetivos del estudio y proporcionará suficiente cantidad de información como para aclarar el planteamiento del trabajo y la hipótesis que se pretende comprobar.

Material y métodos

Este apartado será lo más conciso posible pero deberá proporcionar toda la información necesaria para permitir a cualquier investigador especializado evaluar la metodología empleada.

Resultados

El apartado de resultados será lo más claro posible y se ceñirá a los resultados de la investigación esenciales para establecer los principales puntos del trabajo.

Discusión

Se incluirá una breve discusión sobre la validez de los resultados observados relacionándolos con los de otros trabajos publicados sobre el mismo asunto así como un informe sobre el significado del trabajo. Se desaconseja discusiones extensas sobre la literatura existente.

Bibliografía

La bibliografía se limitará a los trabajos citados en el texto y sólo figurarán en ella los trabajos publicados o “en prensa”. Esta última información deberá indicarse, en lugar del año, entre paréntesis. Las referencias en el texto a los autores se harán ci-

tando el apellido del autor (en minúsculas) y a continuación, entre paréntesis, el año de la publicación, o bien poniendo entre paréntesis el(los) autor(es) y el año, separados por una coma. Las observaciones no publicadas, las comunicaciones personales o los trabajos en preparación o en evaluación se citarán exclusivamente en el texto, sustituyendo el año de publicación por “observación no publicada”, “manuscrito” (“MS”) o “inédito”; “comunicación personal” (“com. pers.”); “en preparación” o por “en evaluación”, respectivamente. Cuando la publicación sea de más de tres autores sólo se citará el primero de ellos y a continuación la abreviatura *et al.* En la bibliografía, sin embargo, aparecerán los nombres de todos los autores, separados por comas. Las referencias bibliográficas figurarán por orden alfabético y, para un mismo autor, por orden cronológico. Los nombres de las revistas se escribirán preferentemente sin abreviar. Si se prefiere utilizar las abreviaturas, éstas se ajustarán siempre a lo indicado en el *Periodical Title Abbreviations*. 8.^a edición. Gale Research Inc. Detroit; Londres. 1992. Si esto no es posible se escribirán sin abreviar.

Ejemplos de citas bibliográficas:

– De una revista:

Guirg, M. D. 1974. A preliminary consideration of the taxonomic position of *Palmaria palmata* (Linnaeus) Stackhouse = *Rhodymenia palmata* (Linnaeus) Greville. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 54: 509-529.

– De un libro:

Sinderman, C. J. 1970. *Principal diseases of marine fish and shellfish*. Academic Press. Londres; Nueva York: 870 pp.

– De un artículo de un libro que forma parte de una serie:

Fraga, F. y R. Prego. 1989. Condiciones hidrográficas previas a la purga de mar. En: *Las purgas de mar como fenómeno natural. Las mareas rojas* (Cuadernos da Área de Ciencias Mariñas. Seminario de Estudos Galegos). F. Fraga y F. G. Figueiras (eds.) 4: 21-44. Edición do Castro. Sada (A Coruña), España.

– De un artículo de un simposio:

Figueiras, F. G. y F. Fraga. 1990. Vertical nutrient transport during proliferation of *Gymnodinium catenatum* Graham in Ría de Vigo, Northwest Spain. En: *Toxic Marine Phytoplankton. Proceedings of the Fourth Inter-*

national Conference on Toxic Marine Phytoplankton (26-30 de junio, 1989. Lund, Suecia). E. Graneli *et al.* (eds.): 144-148. Elsevier. Nueva York.

Los autores serán responsables de que todas las citas bibliográficas estén completas y de la exactitud de las mismas.

Tablas, figuras, láminas, mapas y fotografías o diapositivas

Todas las ilustraciones (figuras, láminas, mapas y fotografías o diapositivas) deben ser originales y se prepararán en archivos electrónicos independientes del texto. Sólo se incluirán aquéllas que muestren datos esenciales; nunca deberá producirse duplicidad de datos por la presentación de los mismos en texto, tablas e ilustraciones.

El grosor de las líneas y el tamaño de las letras y otros símbolos serán los adecuados para que sean visibles y claros cuando se efectúe la reducción (en su caso) y ajuste, a una o dos columnas, al formato de la página. La reducción no podrá ser en ningún caso superior al 60 % y los símbolos menores, una vez reducidos, no serán inferiores a 1,5 mm.

En la elaboración de tablas y en los rótulos de figuras se utilizará el tipo de letra Times. Si no se dispone de este tipo se utilizará cualquier otro de letra romana (como Prestige o Dutch).

Los rótulos irán siempre en minúscula y sin negrita.

Se procurará que las ilustraciones no sean ni apaisadas ni en color.

Las figuras se delinearán cerradas, es decir, con los correspondientes ejes de abscisas y ordenadas unidos entre sí por sus paralelas. El nombre de cada variable se escribirá siempre a lo largo de su eje, coincidiendo el final con el extremo del mismo.

Las tablas, en cambio, no llevarán nunca líneas verticales.

La posición definitiva de tablas e ilustraciones en la publicación se indicará en los márgenes del original.

Las tablas se numerarán con números romanos: tabla I., etc.; las ilustraciones (figuras, láminas, mapas y fotografías o diapositivas) se numerarán con números arábigos y todas se denominarán figuras: figura 1., etc. Todas las leyendas irán en hoja aparte.

Para la elaboración de ilustraciones se utilizará preferentemente Excel, Harvard Graphics, Surfer, Map View, Corel Draw o Power Point. Las ilustraciones se enviarán en el programa con el que hayan sido realizadas.

Las imágenes en formato electrónico se escanearán siempre en escala de grises –lo que facilita enormemente su manejo– al tamaño de publicación o algo mayor y con una resolución entre 300 y 600 ppp. Si se envían sin incrustar dentro de otra aplicación (por ejemplo Power Point) se guardarán como .tif o .eps.

Envío de originales

Los originales enviados a **BOLETÍN** no habrán sido publicados, ni aceptados, ni presentados para su publicación, ni tampoco serán enviados simultáneamente a ningún otro medio de edición.

El original se remitirá por correo electrónico: publicaciones@md.ieo.es. Cuando se trate de la publicación de un simposio o un congreso, los manuscritos definitivos de las comunicaciones se enviarán al coordinador del mismo.

Los autores retendrán en su poder una copia del original enviado. El receptor del original acusará recibo del mismo.

Los trabajos que no se adapten a las normas de esta publicación serán devueltos al primer autor para su corrección antes de ser evaluados.

Los originales serán revisados críticamente por, al menos, dos evaluadores.

Los trabajos ya evaluados se remitirán al primer autor, solicitando que se tomen en consideración los comentarios y críticas de los evaluadores. Cuando esto se haya llevado a cabo, los autores reenviarán el original y una copia al correspondiente coordinador. El editor decidirá entonces su aceptación o rechazo.

El plazo de envío del original corregido, tomadas en consideración las evaluaciones, no será superior a dos semanas; pasado dicho plazo el editor podrá cambiar la fecha de recepción del original, figurando en la publicación la fecha de recepción del original corregido.

Los autores dispondrán de un plazo máximo de dos semanas para revisar las correcciones del editor; pasado este plazo el editor se reserva el derecho de publicar el trabajo sin revisar por los auto-

res, declinando cualquier responsabilidad por los errores que pudieran aparecer en la publicación.

Fecha límite de recepción de originales

Los originales recibidos con posterioridad a la primera semana del mes de septiembre no podrán ser contemplados en el programa editorial del siguiente año y, por tanto, no se asegura que sean publicados durante el mismo.

Pruebas

La corrección de pruebas por parte de los autores se limitará a los errores de imprenta. Las pruebas de imprenta deberán ser devueltas corregidas

en un plazo de dos semanas; pasado este plazo el editor se reserva el derecho de publicar el trabajo sin corregir por los autores o anular su publicación.

Ejemplares publicados

Cuando la publicación conste de un solo artículo se enviarán gratuitamente al autor 10 ejemplares de su trabajo (si el artículo está firmado por varios autores los 10 ejemplares se enviarán al primer autor).

Si la publicación consta de varios artículos el primer autor de cada uno recibirá gratuitamente su artículo en formato pdf. El editor podrá decidir enviar todos los artículos de la obra al coordinador del trabajo, que será quien se encargue de remitirlos a los autores.

BOLETÍN. INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA

An scientific publication dedicated to the marine sciences and oceanography in their different branches: biology, ecology, geology, physics, chemistry, fishing, aquaculture and pollution.

Research papers, thematic reviews, notes, monographs, symposia and congresses may be published in **BOLETÍN**.

GUIDE FOR AUTHORS

Languages

Papers are accepted in Spanish or English.

Preparation of Originals

Text should be typed, double-spaced throughout, on DIN A-4 paper. In general, individual papers sent to **BOLETÍN** should have a maximum length of 15 printed pages (one printed page equals approximately two typed pages with 39 lines each, 62 characters/line).

Present the text as follows:

Title of the paper, names of each author and his institution, mailing address (street, city, country) and e-mail address, and the first author's telephone and fax numbers.

Include an abbreviated version of the title.

An abstract, in Spanish and English versions, should follow the title heading, along with a Spanish (or English) translation of the title.

Whenever possible, divide the paper into: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements and References.

Chemical, physical or mathematical signs and symbols should follow standard international usage: SI (*Système International d'Unités*), ISO (International Standard Organization) and UNE (*Una Norma Española*). Therefore, these symbols should always be written without periods, and will remain unmodi-

fied when plural. Always refer to the ISO and UNE norms when preparing texts for publication.

In Spanish, accent capital letters, following correct spelling norms.

To simplify the reading of long numbers, they may be separated into appropriate groups, preferably with three places, counting from the decimal point in one or the other direction; these groups should be separated by a space, but never by a comma or other sign.

The decimal sign is a comma on the line. Texts in English may also use a point, on the line.

Numbers indicating years should follow this format: 2006 (for two thousand and six).

The first citation of the vernacular name of a species (in the Spanish and English titles, the abstract, the *resumen*, and the body of the text) should be followed by its scientific name, and then, whenever possible, by the name of the author who described it, and the year. Omit the author and the year in subsequent citations.

Italicize genus and species names, as well as the titles of journals, symposia, and books.

Footnotes will not be accepted.

Please present the text without paragraph indentations or any tabulations.

Computer files should be sent in Microsoft Word or WordPerfect format.

Abstract and Resumen

Include English and Spanish versions of the abstract (*resumen*, in Spanish), no more than 125 words each, setting out the paper's objectives, as well as the procedures followed and the most relevant findings and data obtained.

Include the title of the paper in Spanish at the beginning of the Spanish abstract. At the end of this section, list a maximum of eight keywords, not included in the title and in order of importance, indicative of the paper's contents.

Introduction

The introduction should not exceed 500 words, briefly indicating the study's objectives and providing sufficient information to clarify the paper's basic focus and the hypothesis being tested.

Materials and Methods

Make this section as concise as possible, while giving all the information necessary to enable any specialist to evaluate the methodology used.

Results

This section should be as clear as possible, and limited to findings essential for establishing the paper's main points.

Discussion

Include a brief discussion regarding the validity of the results observed in relation to those of other published papers on the same topic, as well as a report on the paper's significance. Extensive discussion of the literature is discouraged.

References

Limit bibliographies to those works cited in the text which have been published or are "in press". If a paper is in press, this phrase should replace the year at the end of the bibliographic reference, in parentheses. For references in the text, cite the author's surname (capitalizing the first letter only), followed by the year of publication in parentheses; when the entire reference is enclosed in parentheses, the surname(s) of the author(s) should be followed by a comma and the year. Cite unpublished observations, personal communiqués or works in preparation or under evaluation in the text only; rather than the year of publication, they should be followed by: "unpublished observation", "manuscript" ("MS") or "unpublished", "personal communiqué" ("pers. comm."), "in preparation" or "under evaluation" or "submitted". When the publication has more than three authors, cite only the first, followed by *et al.* In

the bibliography, however, all authors' names should appear, separated by commas. Alphabetize bibliographic references; references by the same author should be put in chronological order. The names of journals should, preferably, not be abbreviated. Journal abbreviations should follow those indicated in *Periodical Title Abbreviations*. Eighth Edition. Gale Research Inc. Detroit; London. 1992. If this is not possible, they should be written without abbreviation.

Examples of bibliographic references:

– Of a journal:

Guirg, M. D. 1974. A preliminary consideration of the taxonomic position of *Palmaria palmata* (Linnaeus) Stackhouse = *Rhodymenia palmata* (Linnaeus) Greville. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 54: 509-529.

– Of a book:

Sinderman, C. J. 1970. *Principal diseases of marine fish and shellfish*. Academic Press. London; New York: 870 pp.

– Of an article from a book which forms part of a series:

Fraga, F. and R. Prego. 1989. Condiciones hidrográficas previas a la purga de mar. In: *Las purgas de mar como fenómeno natural. Las mareas rojas* (Cuadernos da Área de Ciencias Mariñas. Seminario de Estudos Galegos). F. Fraga and F. G. Figueiras (eds.) 4: 21-44. Ediciós do Castro. Sada (A Coruña), Spain.

– Of an article from a symposium:

Figueiras, F. G. and F. Fraga. 1990. Vertical nutrient transport during proliferation of *Gymnodinium catenatum* (Graham) in Ría de Vigo, Northwest Spain. In: *Toxic Marine Phytoplankton Proceedings of the Fourth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton* (June 26-30, 1989. Lund, Sweden). E. Graneli *et al.* (eds.): 144-148. Elsevier. New York.

Authors will be responsible for the completeness and accuracy of their bibliographic references.

Tables, figures, plates, maps and photographs or slides

All illustrations (figures, plates, maps and photographs or slides) should be originals, presented apart from the type-written text. Line illustrations may be submitted as computer software files. Include them only if they show special data; do not present data twice in the text, tables or illustrations.

The thickness of the lines and the size of letters and other symbols should enable them to be clearly visible when reduced (if necessary) for publication, to the size of one or two columns on the page. Originals will not be reduced more than 60 %, and reduced symbols will not be smaller than 1.5 mm.

In preparing tables and figure captions, use the Times font, or, if that is not possible, some other Roman font (such as Prestige or Dutch).

Figure captions should use lowercase letters, without boldface type.

Illustrations should not be in colour or formatted lengthways.

Figures should be drawn with a boxed-in format, closing the abscissas and ordinates with parallel lines. The names of variables should always be placed along the axes, flush with the ends.

Tables, however, should never have vertical lines.

Indicate the definitive published position of tables and illustrations in the margins of the original.

Tables should bear roman numerals: table I., etc. Use arabic numerals for illustrations (figures, plates, maps and photographs or slides), and title all of them figures: figure 1., etc. List all captions on a separate page.

Illustrations should, preferably, be programmed in Excel, Harvard Graphics, Surfer, Map View, Corel Draw, or Power Point. Illustrations should be submitted in the same program that was used to create them.

Illustrations presented in an electronic format should always be scanned as grey-scale images –so that they can be manipulated more efficiently– at final publication size or somewhat larger, and with a resolution of 300-600 ppp. Images not embedded within another application (e.g., Power Point) should be sent separately as .tif or .eps files.

Submissions

Originals sent to **BOLETÍN** must be unpublished. Simultaneous submissions or papers which have been accepted by or presented to another publication shall not be accepted.

Originals should be sent by e-mail: publicaciones@md.ieo.es. In case of the publication of a symposium or congress, the final versions of conferences should be sent to the event's co-ordinator.

Authors should save their own back-up copy of the manuscript. Reception of these originals will be confirmed.

Papers not meeting the norms of this publication will be returned to their authors for correction before they are reviewed.

Papers will be critically reviewed by at least two referees.

After evaluation, papers will be returned to the first author so that they may be revised in keeping with the referees' comments and criticism. Authors should return the revised original and one copy to the corresponding coordinator. The Editor will then accept or reject the paper.

Return the corrected original within two weeks; if not, the Editor will be able to change the reception date of the original to be included in the published version, substituting the reception date of the corrected original.

If authors fail to meet the aforesaid two-week deadline, the Editor reserves the right to publish the paper without the authors' revisions, declining any responsibility for errors which could appear in the published version.

Deadline for reception of originals

Submissions received after the first week of September cannot be included in the following year's editorial programming. Therefore, their publication during that year cannot be guaranteed.

Proofs

Authors must limit their proof corrections to printing errors. Corrected proofs should be returned within two weeks; after this period, the Editor reserves the right to publish the paper uncorrected by the authors or cancel its publication.

Offprints

In the case of issues comprising a single paper, 10 courtesy copies will be sent to the author (if the issue is by several authors, courtesy copies will be sent to the first author).

If the issue has several papers, a pdf courtesy copy will be sent to the first author of each paper. The Editor may decide to send all of these pdf files to the co-ordinator, who would then be responsible for distributing them to the authors.

Guía para los autores (*Guide for Authors*)

La guía para los autores se puede consultar en las últimas páginas de esta publicación (*For the Guide for Authors see the last pages of this publication*).

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 **BOLETÍN**, 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, reimpresiones, 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 **BOLETÍN**, 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.

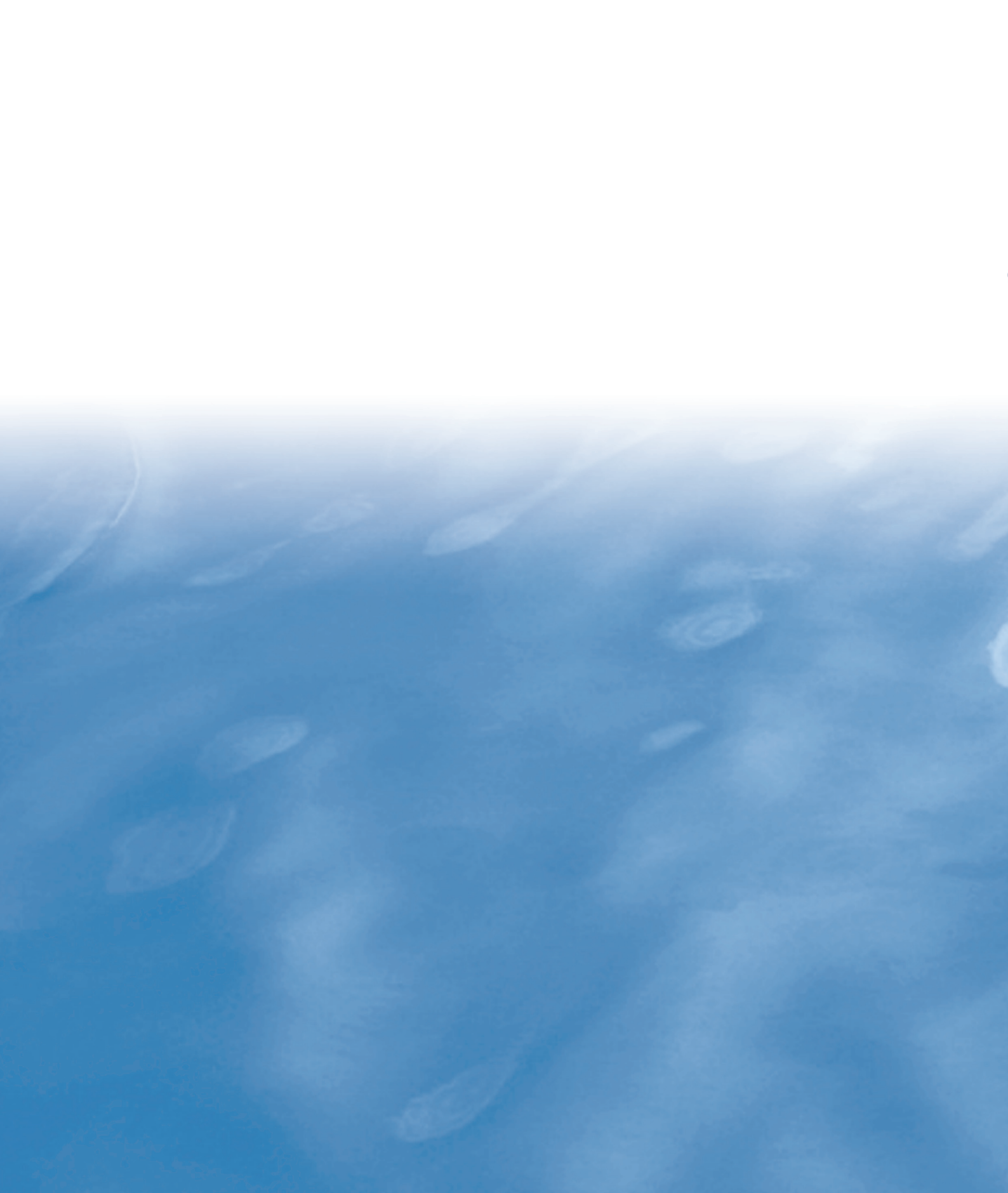
El uso de términos descriptivos en general, citando nombres comerciales o marcas registradas, no significa que se posean derechos sobre los mismos, los cuales están protegidos por las leyes vigentes. Tampoco significa que el editor respalde o promocioe dichas firmas o marcas, sino que simplemente se 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 **BOLETÍN**, 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 **BOLETÍN**. 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 EDUCACIÓN
Y CIENCIA