



# BOLETÍN

INSTITUTO ESPAÑOL  
DE OCEANOGRAFÍA

ISSN: 0074-0195

Vol. 23 • Núms. 1-4

Págs. 1-126

Madrid, España 2007



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

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](mailto: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

**Juan Acosta Yepes.** Consejero Técnico de 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. 23 • Núms. 1-4

Págs. 1-126

Madrid, España 2007



# Atresia gonadal durante el ciclo gametogénico de *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 cultivado en la ría de Vigo (noroeste de la península Ibérica)

P. Suárez Alonso<sup>1</sup>, C. Álvarez González<sup>2</sup>, P. Molist García<sup>2</sup> y F. San Juan Serrano<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Bioquímica, Genética e Inmunología. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo.

Lagoas-Marcosende, s/n. E-36200 Vigo (Pontevedra), España. Correos electrónicos: psuarez@uvigo.es; fsanjuan@uvigo.es

<sup>2</sup> Departamento de Biología Celular y Ciencias de la Salud. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo.

Lagoas-Marcosende, s/n. E-36200 Vigo (Pontevedra), España. Correos electrónicos: carmal@uvigo.es; pmolist@uvigo.es

Recibido en marzo de 2005. Aceptado en enero de 2007.

## RESUMEN

Durante el desarrollo gametogénico de *Mytilus* se han observado fenómenos de atresia de gametos en distintos momentos del ciclo. La degradación se produce en los folículos gonadales y a lo largo del gonoducto, e incluye dos etapas consecutivas: lisis de las estructuras y membranas citoplasmáticas, más evidente en ovocitos, y digestión hemocitaria del material lisado. La influencia de factores ambientales en este fenómeno es clara. La atresia es intensa en invierno, disminuye durante la primavera y vuelve a aumentar al final del ciclo gametogénico. En invierno se relaciona con la sobremaduración de gametos debida a condiciones desfavorables para el desove (bajas temperaturas y escasez de alimento). En verano, las altas temperaturas determinan la finalización del ciclo gametogénico y la degeneración y resorción total del tejido gonadal.

**Palabras clave:** *Mytilus galloprovincialis*, ciclo gametogénico, atresia.

## ABSTRACT

**Gonadal atresia during the gametogenic cycle of *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 cultured in the ria of Vigo (northwest Iberian Peninsula)**

During the gametogenic cycle of *Mytilus*, we observed atresic phenomena in gametes at different cycle stages. Gametes are degraded both within the follicle and throughout the gonoduct. This degradation shows two consecutive phases: lysis of cytoplasmatic structures and membranes, more evident in oocytes; and haemocytic digestion of lisated material. Environmental factors clearly influence this phenomenon. Atresia is intense in winter, decreases during spring, and rises again at the end of the gonadal cycle. In winter, it is related to overmaturation of gametes due to unfavourable conditions for stimulating spawning (low temperatures and lack of food availability). In summer, the high temperatures trigger the end of gametogenic cycle, and total degeneration and resorption of gonadal tissue.

**Keywords:** *Mytilus galloprovincialis*, gametogenic cycle, atresia.

## INTRODUCCIÓN

El ciclo reproductivo de *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 tiene carácter anual (Suárez *et al.*, 2005). Comienza a finales de junio, con atresia elevada, resorción rápida del tejido del manto (estadio III-D) y desarrollo del tejido de reserva (estadio 0), que en la mayoría de los individuos se produce de forma paralela a las últimas puestas del ciclo anterior (III-B final). Inmediatamente después, comienza la proliferación de gonias y la formación de folículos gonadales (estadio I). La diferenciación y meiosis de las gonias (estadio II) comienza en agosto y se extiende hasta noviembre, momento en que se alcanza un estadio de madurez (III-A) al que sigue la primera emisión de gametos (estadio III-B). A estas puestas le siguen sucesivas restauraciones de las células germinales (estadio III-C), con nuevas mitosis goniales para formar nuevas cohortes de gametos, que van siendo evacuados por el gonoducto en número progresivamente mayor hasta las puestas principales en primavera. En verano, la potencialidad de la gónada disminuye paulatinamente y las puestas no son sucedidas por más restauraciones (estadio III-B final). El desarrollo gametogénico de *Mytilus* es pues un proceso dinámico y continuo en el que, desde la primera emisión de gametos, se puede diferenciar las puestas y restauraciones de invierno de las de primavera. Los primeros son procesos lentos, poco intensos, con abundante tejido de reserva, atresia elevada y degradación de gametos que no parece que culminen en puestas efectivas y viables (Suárez *et al.*, 2005), mientras que las puestas y restauraciones de primavera son procesos muy rápidos e intensos que dan lugar a puestas masivas y sincrónicas en ambos sexos.

La degradación y atresia de ovocitos es un proceso descrito en moluscos bivalvos (Paulet, Gérard y Lucas, 1986; Pipe, 1987a,b; Dorange y Le Pennec, 1989; Beninger y Le Pennec, 1991; Avendaño y Le Pennec, 1997; Borzone, Pezzuto y Tabares, 2003) cuyo significado fisiológico es explicado por sobre-maduración en el folículo cuando no existen estímulos que incitan la puesta, reutilización del material degradado como fuente energética (Pipe, 1987a; Borzone, Pezzuto y Tabares, 2003), situaciones de estrés por contaminación ambiental (Lowe, 1988; Steele y Mulcahy, 1999), déficit nutricional (Pipe, 1987a; Lubet *et al.*, 1987; Pardo Fernández, Matus de la Parra y San Juan Serrano, 2002; Galap,

Leboulenger y Grillot, 2004) o bajas temperaturas (Sastry, 1979; Pardo Fernández, Matus de la Parra y San Juan Serrano, 2002; Galap, Leboulenger y Grillot, 2004). La señal celular que inicia este proceso, igual que el de la apoptosis celular, no es todavía bien conocida. Diversos autores apuntan a la acción lisosomal de los propios ovocitos (Dorange y Le Pennec, 1989; Pipe y Moore, 1985; Pardo Fernández, Matus de la Parra y San Juan Serrano, 2002) y a una inducción por testosterona (Wang y Croll, 2004).

Las condiciones ambientales desfavorables son también citadas como causa de estrés y de degradación de ovocitos (Pipe, 1987a; Lubet *et al.*, 1987; Sastry, 1979). Las variables externas que más influyen tanto en el crecimiento somático como en el desarrollo gonadal de moluscos bivalvos son la temperatura y la disponibilidad de alimento (Hilbish y Zimmerman, 1988; Starr, Himmelman y Therriault, 1990; Pérez, González y Fuentes, 1991; Le Pennec *et al.*, 1991; Seed y Suchanek, 1992).

En este trabajo se describen los momentos del ciclo gonadal de *M. galloprovincialis* en los que se observa una importante atresia gonadal, la relación de ésta con las principales variables ambientales de la ría de Vigo y las etapas que histológicamente parece seguir este proceso y que ha permitido su identificación también en machos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron 22 muestreos en total, distribuidos quincenalmente entre junio de 1993 y agosto de 1994, con el fin de abarcar un ciclo estacional y reproductivo completo. En cada muestreo se recogieron al azar 30 individuos adultos de entre 8 y 9 cm de longitud, siempre de la misma estructura flotante de cultivo (batea) y a una profundidad de 5 m. Los individuos fueron inmediatamente trasladados al laboratorio en tanques isotérmicos con agua de mar y procesados en el mismo día.

La parte central (0,5 cm × 1 cm) de uno de los hemimantos de cada individuo muestreado fue seccionada y utilizada en la preparación de los cortes histológicos. Cada muestra de tejido se fijó en una solución de Bouin, preparada con agua de mar artificial, durante 4 horas. A continuación se deshidrataron en baños sucesivos de concentración creciente de etanol (70°-80°-96°-100°) y xilol, incluyéndolos luego en parafina. Los cortes se realiza-

ron con un microtomo de rotación a 5 µm de espesor. Posteriormente, fueron desparafinados y rehidratados en sucesivos baños de xilol y etanol en concentraciones decrecientes y teñidos con hematoxilina-eosina. Una vez montadas las preparaciones histológicas se procedió a su examen microscópico, determinando el sexo, el estadio de desarrollo gonadal, el estado del tejido de reserva y la aparición de atresia en cada individuo.

La variación de temperatura (°C) y la concentración de nutrientes fue registrada semanalmente en la estación más cercana a la zona de muestreo, a 5 m de profundidad, durante todo el periodo de estudio. Estos datos fueron cedidos por el Centro de Control del Medio Marino de la Xunta de Galicia. La temperatura se midió utilizando un termómetro de mercurio de máxima y mínima (CTD) con una precisión de ± 0,1 °C. La disponibilidad de alimento fue estimada como concentración de clorofila *a* (µg/l), utilizando el método de extracción y cuantificación espectrofotométrica desarrollado por Strickland y Parsons (1968).

La correlación entre temperatura y clorofila *a* fue estimada por el coeficiente de Pearson (rs) utilizando el programa informático SPSS, v. 9.0.1.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El seguimiento anual de las dos variables medioambientales estudiadas (temperatura y disponibilidad de alimento) muestra cómo la temperatura aumenta progresivamente en el transcurso de primavera-verano, alcanzando su valor máximo (18 °C) en julio. Posteriormente, a partir de octubre, co-

mienza a disminuir paulatinamente durante otoño-invierno, alcanzando el mínimo (12 °C) en febrero. A partir de entonces, y con la llegada de la primavera, la temperatura vuelve a aumentar hasta el verano siguiente. Por su parte, el perfil de evolución de la concentración de clorofila *a* como indicador de la biomasa fitoplanctónica, presenta sus mínimos valores durante el invierno, y aumenta de forma progresiva desde mediados de marzo hasta el verano, momento en que alcanza sus valores máximos (figura 1). Existe una clara correlación significativa (0,001 < p < 0,01) entre ambas variables: las bajas temperaturas de invierno coinciden con los mínimos valores de clorofila *a*, que aumentan al incrementarse la temperatura del agua a partir de primavera.

El seguimiento histológico del desarrollo gametogénico de *Mytilus* ha permitido observar la existencia de fenómenos de atresia y degeneración de gametos en distintos momentos del ciclo. Esta degradación es más evidente en hembras y se produce tanto dentro de los folículos gonadales como a lo largo del gonoducto (figura 2) desde la formación de los primeros ovocitos maduros. Es más intensa en invierno, desaparece en primavera, cuando se producen las puestas efectivas y masivas, con restauraciones rápidas e intensas, y vuelve a aumentar en verano, al final del ciclo gametogénico (figura 2).

Parece existir una relación clara entre la aparición e intensidad de la atresia ovocitaria y los cambios en las dos variables medioambientales estudiadas. La atresia invernal parece estar relacionada con una sobremaduración ovocitaria debida a condiciones desfavorables para el desove (bajas tempe-

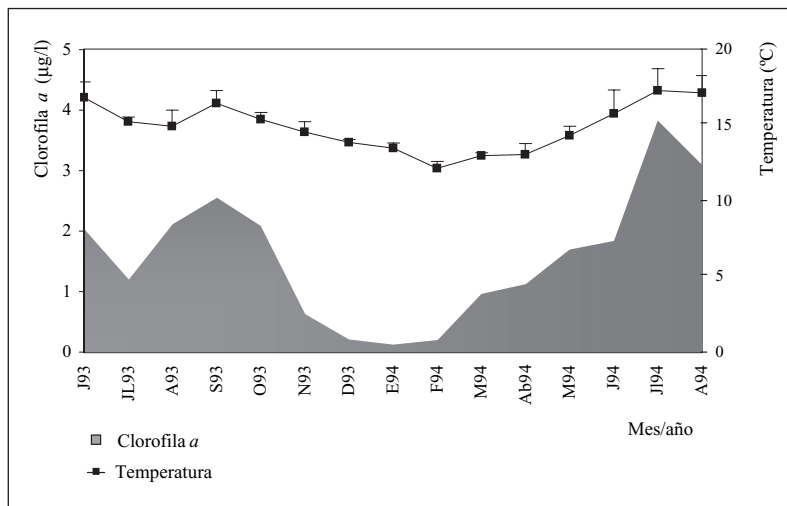


Figura 1. Evolución temporal de la temperatura (°C) y de la concentración de clorofila *a* (µg/l) a lo largo del periodo de estudio.

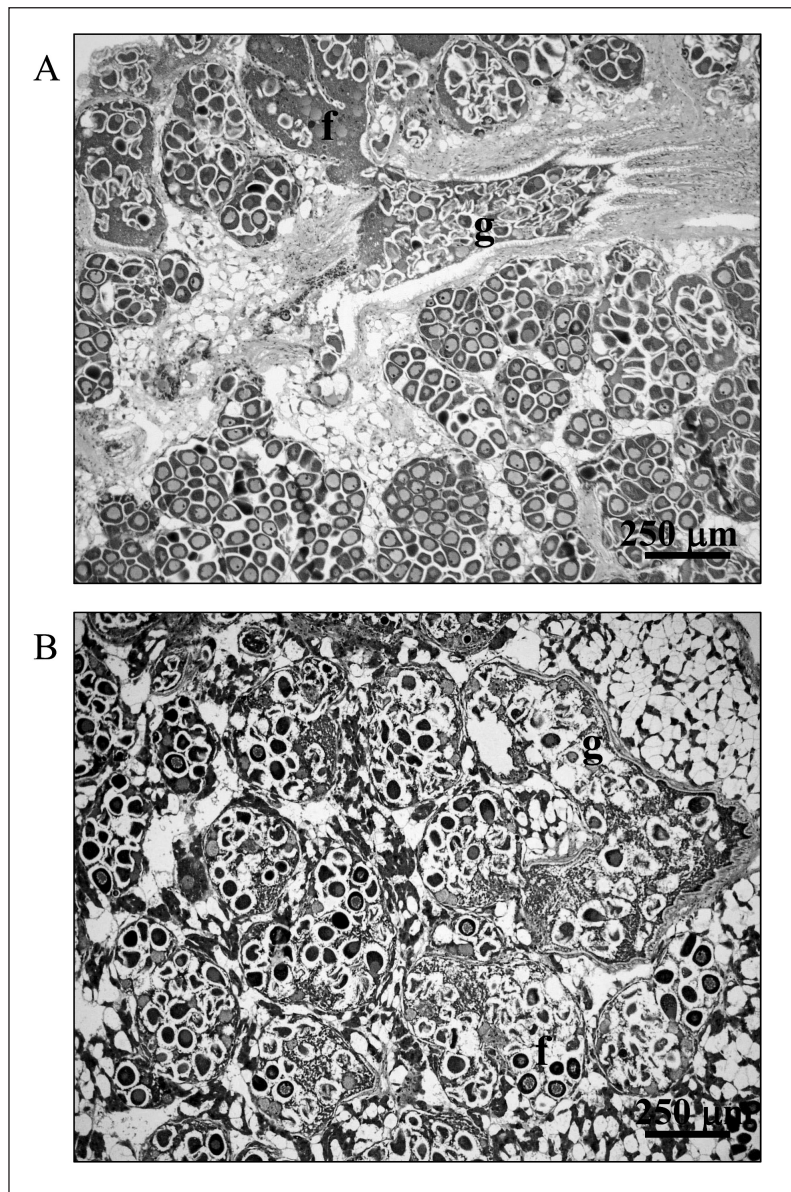


Figura 2. Atresia ovocitaria en hembras de *M. galloprovincialis* en invierno (A) y en verano al final del ciclo gonadal (B). La degradación de ovocitos tiene lugar en el interior de los folículos y en el gonoducto. (f): folículo; (g): gonoducto.

raturas y escasez de alimento), como también sugieren otros autores en diferentes especies (Sastry, 1979; Pipe, 1987a; Lubet *et al.*, 1987; Pardo Fernández, Matus de la Parra y San Juan Serrano, 2002; Galap, Le Boulenger y Grillot, 2004). Durante el invierno, la baja temperatura del agua, junto a un corto fotoperiodo y la escasez de alimento en el medio marino, parecen inhibir la puesta de los ovocitos formados. Al no existir puesta, los ovocitos dejan de ser viables y entran en atresia. También el pequeño número de gametos maduros que llegan al gonoducto son, en la mayoría de los casos, degradados a este nivel, sin llegar a ser emitidos, por lo que creemos que estas puestas invernales no son efectivas, siguiendo la opinión de Suárez *et al.*, 2005.

A la vista de nuestras observaciones, parece que la atresia invernal va emparejada a la formación de nuevas cohortes de gametos en los folículos y, a menudo, además, se produce también la degeneración de toda la estructura folicular, y su lugar es nuevamente ocupado por células del tejido de reserva, principalmente células adipogranulares. Algunos autores han sugerido que los productos derivados del material lisado podrían ser reabsorbidos por las células auxiliares, los hemocitos o las células epiteliales de los gonoductos (Pipe, 1987b; Lubet *et al.*, 1987; Dorange y Le Penneec, 1989; Le Penneec *et al.*, 1991). A la vista de los resultados, la ausencia de nutrientes durante todo el invierno lleva también a la hipótesis de la reabsorción y recu-



peración del material gonadal degradado y su acumulación, de nuevo, en las células de reserva. De esta forma, las reservas energéticas gastadas en formar las primeras cohortes de gametos podrían ser recicladas y mantenidas hasta su utilización efectiva en momentos ambientalmente favorables no solo para la puesta: también para la fecundación y el desarrollo embrionario y larvario.

A medida que se aproxima la primavera, la atresia disminuye hasta desaparecer. En ese momento, la temperatura, el aumento de nutrientes y, probablemente, también el aumento del fotoperiodo, como indican Fabioux *et al.* (2005), favorecen la maduración final y sincrónica de los gametos, concluyendo en puestas masivas que dejan los folículos completamente vacíos. Es en primavera cuando se producen las masivas puestas efectivas de *Mytilus* y cuando las concentraciones de larvas y semilla de este molusco son abundantes.

En verano se observa cómo los folículos se hacen cada vez más pequeños y contienen menor carga de gametos, aumentando nuevamente la intensidad de la atresia. En esta última etapa del ciclo parecen influir decisivamente las temperaturas relativamente altas que se alcanzan en julio-agosto, pudiendo determinar, junto a otros factores internos, la finalización del ciclo gametogénico y la degeneración y resorción total del tejido gonadal (figura 3).

El fenómeno de la atresia ovocitaria en moluscos bivalvos ha sido relacionado con la actividad lisoso-

mal de los propios ovocitos (Dorange y Le Pennec, 1989; Pipe y Moore, 1985; Pardo Fernández, Matus de la Parra y San Juan Serrano, 2002). En nuestro trabajo, el estudio de este fenómeno de degradación ovocitaria, en los distintos momentos del ciclo reproductor de *Mytilus* en los que aparece, se han establecido dos etapas consecutivas bien diferenciadas microscópicamente. En primer lugar, se produce una lisis de las estructuras citoplasmáticas y de la membrana de los ovocitos, probablemente mediada por los propios lisosomas, causando la vacuolización del ovoplasma, la rotura de las membranas y la salida del contenido citoplasmático. Esta lisis da lugar a imágenes de grandes masas de material citoplasmático disperso en el lumen folicular o en el gonoducto, con numerosos núcleos, de contorno más o menos definido, pero que aparecen teñidos con una coloración más translúcida que los núcleos de ovocitos normales, y sin nucleolo (figura 4a). A continuación, tiene lugar la degradación o digestión hemocitaria del material lisado. Asociado al fenómeno de atresia, aparece siempre una gran afluencia de hemocitos, que se localizan tanto en el lumen de los folículos como alrededor de éstos y en el gonoducto (figura 4b). Borzone, Pezzuto y Tabares (2003) indican también la aparición de amebocitos dominando el espacio interfolicular al final del ciclo reproductor del pectínido *Euvola ziczac* (L., 1758) (Borzone, Pezzuto y Tabares, 2003) en la fase que denominan de reversión. Estos hemocitos podrían estar impli-

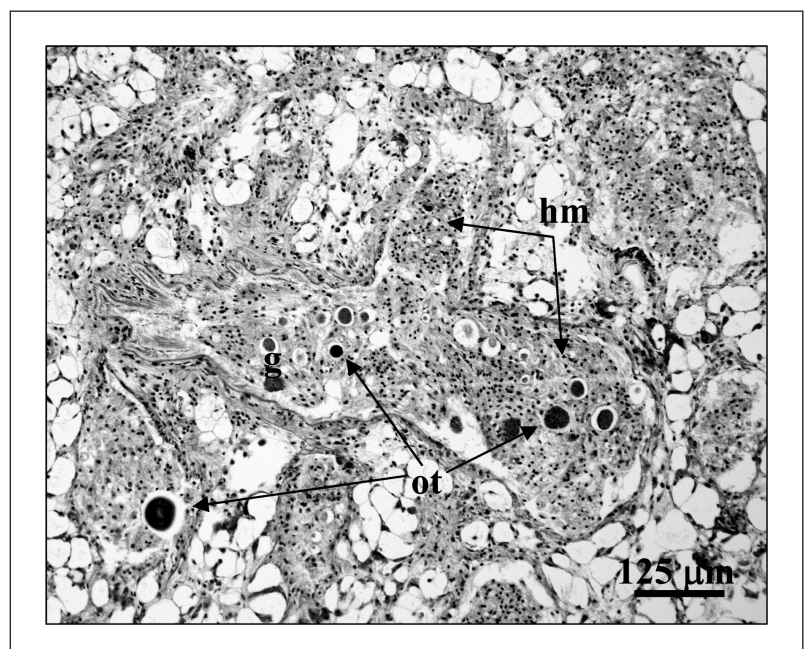


Figura 3. Al final del ciclo gonadal (verano) se produce, junto a una elevada atresia ovocitaria, la degeneración y resorción total de todas las estructuras gonadales. (ot): ovocitos atrésicos; (hm): hemocitos; (g): gonoducto.

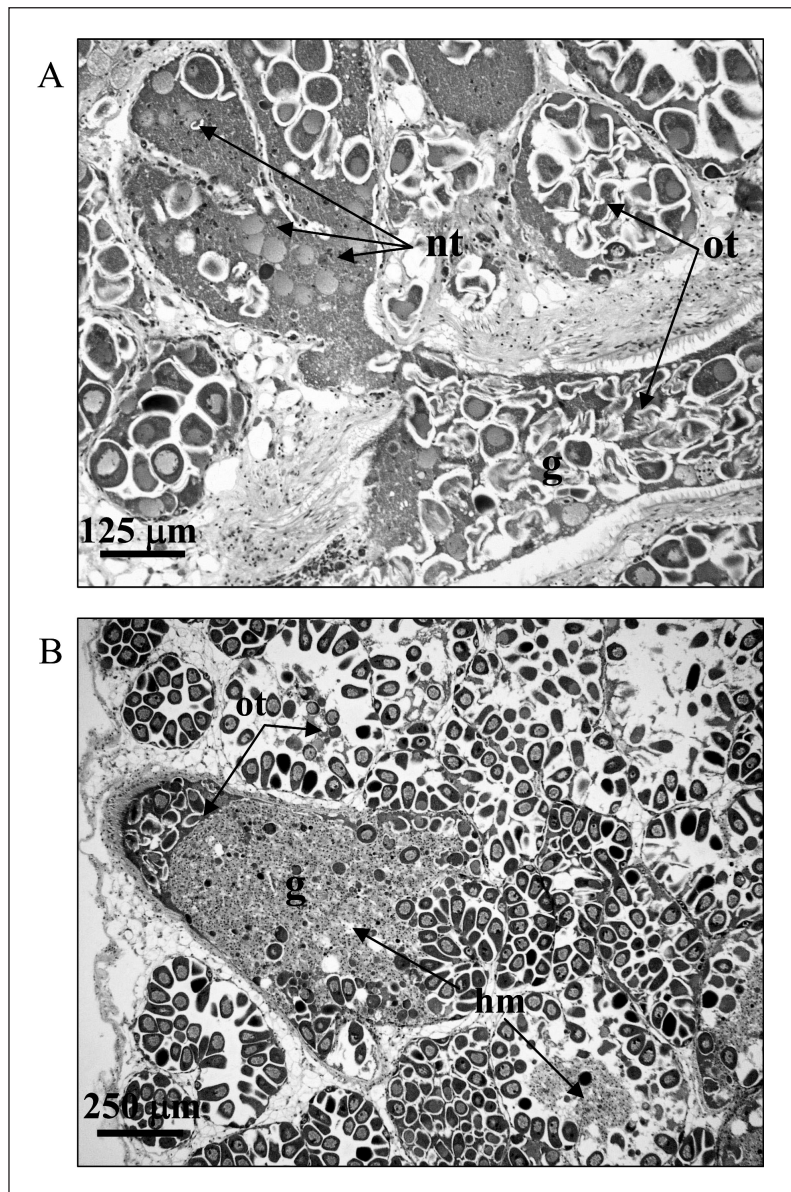


Figura 4. Etapas en el proceso de atresia ovocitaria. (A): autólisis de las membranas y estructuras citoplasmáticas de los ovocitos. (B): invasión de hemocitos en el lumen foliolar y en el gonoducto. (nt): núcleos atrésicos; (ot): ovocitos atrésicos; (hm): hemocitos; (g): gonoducto.

cados en la reutilización del material lisado, como sugiere Pipe (1987a).

En los espermatozoides, la lisis no es tan evidente como en los ovocitos, debido a que carecen prácticamente de citoplasma. Sin embargo, también se ha observado en machos la presencia de las grandes masas de hemocitos que acompañan a la lisis ovocitaria, tanto en el interior como en el exterior de los folículos (figura 5a) y en los gonoductos (figura 5b). Estas masas hemocitarias aparecen, además, en los mismos momentos del ciclo gametogénico en que se detectan fenómenos de atresia ovocitaria. Estos datos sugieren la existencia de atresia de los gametos masculinos, no descrita hasta el momento.

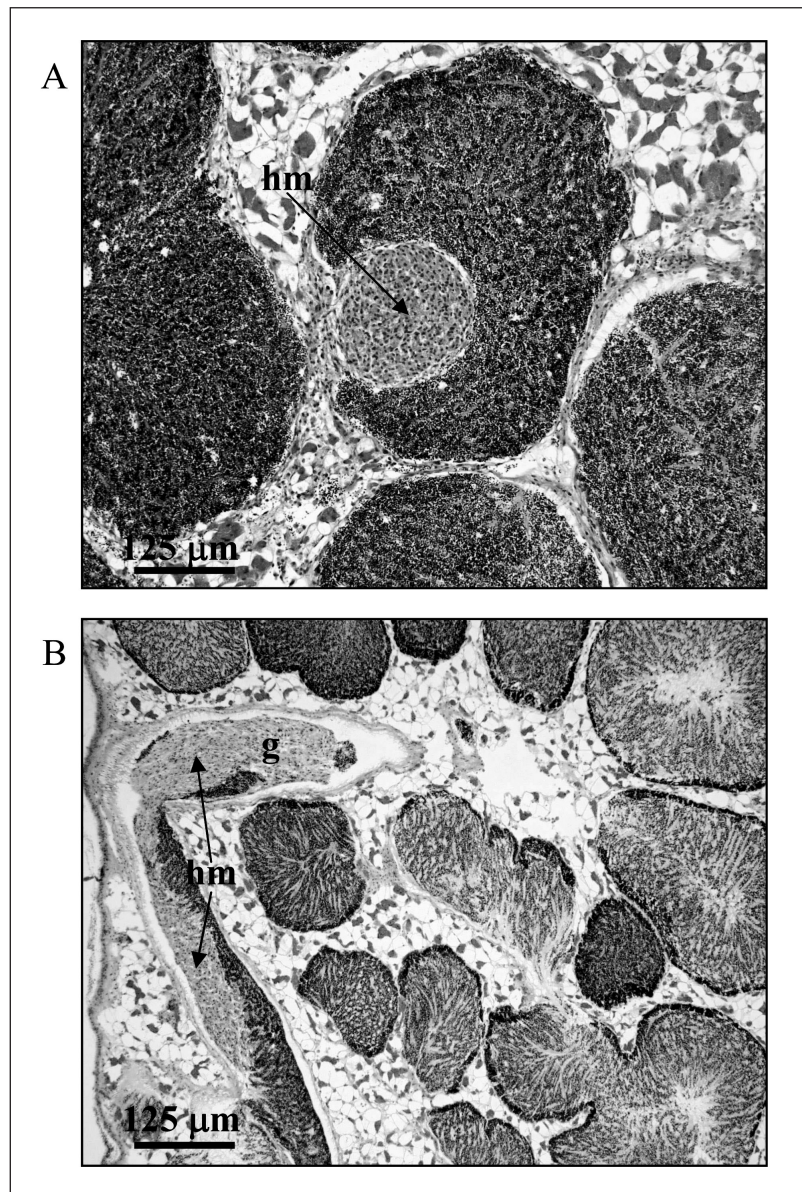
## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está incluido dentro de un proyecto subvencionado por la Xunta de Galicia (PGI-DIT03RMA30102PR) y la Universidad de Vigo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avendaño, M. y M. Le Pennec. 1997. Intraspecific variation in gametogenesis in two populations of the Chilean molluscan bivalve, *Argopecten purpuratus* (Lamarck). *Aquaculture Research* 28: 175-182.
- Beninger, P. G. y M. Le Pennec. 1991. Functional anatomy of scallops. En: *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture. Development in Aquaculture and Fisheries Science*. S.

Figura 5. Atresia de gametos en machos de *M. galloprovincialis*. La autólisis de membranas y estructuras citoplasmáticas no es evidente en espermatozoides por su reducido tamaño y por carecer de citoplasma. La invasión hemocitaria de la segunda etapa del proceso de atresia es observada tanto en el lumen folicular (A) como en el gonoducto (B). (hm): hemocitos; (g): gonoducto.



- Schumway (ed.) 2: 133-233. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Borzone, C. A., P. R. Pezzuto e Y. A. G. Tabares. 2003. Características histológicas del ciclo reproductivo de *Euvola ziczac* (Linnaeus) (Pectinidae, Bivalvia) del litoral sur-sudeste del Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 20: 763-772.
- Dorange, G. y M. Le Pennec. 1989. Ultrastructural study of oogenesis and oocytic degeneration in *Pecten maximus* from by the bay of St. Brieuc. *Mar. Biol.* 103: 339-348.
- Fabioux C., A. Huvet, P. Le Souchu, M. Le Pennec y S. Pouvreau. 2005. Temperature and photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock. *Aquaculture* 250: 458-470.
- Galap, C., F. Le Boulenger y J. P. Grillot. 2004. Seasonal variations in biochemical constituents during the reproductive cycle of the female dog cockle *Glycymeris glycymeris*. *Mar. Biol.* 129: 625-634.
- Hilbish, T. J. y K. M. Zimmerman. 1988. Genetic and nutritional control of the gametogenic cycle in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 98: 223-228.
- Le Pennec, M., P. G. Beninger, G. Dorange e Y. M. Paulet. 1991. Trophic sources and pathways to the developing gametes of *Pecten Maximus* (Bivalvia: Pectinidae). *J. Mar. Biol. Assoc. (UK)* 71: 451-463.
- Lowe, D. M. 1988. Alterations in cellular structure of *Mytilus edulis* resulting from exposure to environmental contaminants under field and experimental conditions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46: 91-100.
- Lubet, P., J. Y. Bernard, R. Faveris e I. Robbins. 1987. Physiologie de la reproduction de la coquille St-Jacques (*Pecten maximus* L.). *Oceanis* 13 (3): 265-290.
- Pardo Fernández, P., A. Matus de la Parra y F. San Juan Serrano. 2002. Búsqueda de marcadores de madurez de los gametos durante el ciclo gametogénico de *Crassostrea*

- gigas* (Thunberg, 1873). En: *VIII Congreso nacional de acuicultura: Acuicultura y desarrollo sostenible* (22-25 de mayo, 2001. Santander, Cantabria, España). I. Arnal Atarés, C. Fernández-Pato, C. Martínez-Tapia y C. Mosquera de Arancibia (eds.). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 18 (1-4): 165-173
- Paulet, Y. M., A. Gérard y A. Lucas. 1986. Reproduction strategy of two populations of *Pecten maximus*. En: *Advances in Invertebrate Reproduction*. M. Porchet, J. C. Andries y A. Dainhaut (eds.) 4: 1-535. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Pérez, A., R. González y J. Fuentes. 1991. Mussel culture in Galicia. *Aquaculture* 94: 263-78.
- Pipe, R. K. 1987a. Oogenesis in the marine mussel *Mytilus edulis*: an ultrastructural study. *Mar. Biol.* 95: 405-414.
- Pipe, R. K. 1987b. Ultrastructural and cytochemical study on interactions between nutrient storage cells and gametogenesis in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 96: 519-528.
- Pipe, R. K. y M. N. Moore. 1985. The ultrastructural localization of lysosomal acid hydrolases in developing oocytes of the common marine mussel *Mytilus edulis*. *Histochem. J.* 17: 939-949.
- Sastry, A. N. 1979. Pelecypoda (excluding Ostreidae). En: *Reproduction of Marine Invertebrates: Pelecypods and Lesser Classes*. A. C. Giese y J. S. Pearse (eds.): 113-292. Academic Press. Nueva York.
- Seed, R. y T. H. Suchanek. 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. En: *The Mussel Mytilus: Ecology, Physiology, Genetics and Culture*. E. M. Gosling (ed.): 87-169. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- Starr, M., J. H. Himmelman y J. Therriault. 1990. Direct coupling of marine invertebrate spawning with phytoplankton blooms. *Science* 247: 1071-1074.
- Steele, S. y M. F. Mulcahy. 1999. Gametogenesis of the oyster *Crassostrea gigas* in southern Ireland. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 79: 673-686.
- Strickland, J. D. H. y T. R. Parsons. 1968. A practical handbook of sea water analysis. *Fish. Res. Board Can. Bull.* 167: 1-10.
- Suárez, M. P., C. Álvarez, P. Molist y F. San Juan. 2005. Particular aspects of gonadal cycle and seasonal distribution of gametogenic stages of *Mytilus galloprovincialis*, cultured in the Estuary of Vigo. *J. Shellfish Res.* 24 (2): 531-540.
- Wang, C. y R. P. Croll. 2004. Effects of sex steroids on gonadal development and gender determination in the sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *Aquaculture* 238: 483-498.

# Glucógeno sintasa del tejido del manto de *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819

Y. Ruiz Muñoz, P. Suárez Alonso y F. San Juan Serrano

Departamento de Bioquímica, Genética e Inmunología. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo. Lagoas-Marcosende, s/n. E-36200 Vigo (Pontevedra), España. Correos electrónicos: yruiz@uvigo.es, psuarez@uvigo.es, fsanjuan@uvigo.es

Recibido en septiembre de 2005. Aceptado en junio de 2007.

## RESUMEN

La enzima glucógeno sintasa del tejido del manto de *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 se encuentra principalmente en su forma dependiente (D) de G6P, con una actividad cuatro veces mayor que la forma independiente (I) de G6P. Ambas formas presentan la mayor actividad a pH:7, pero la forma D mantiene el 60 % de su actividad a valores extremos de pH, donde la forma I disminuye la suya al 25 %. La temperatura óptima está entre 30 y 35 °C en ambos casos, pero la forma I es más estable entre 30 y 40 °C. Los datos cinéticos de ambas formas enzimáticas indican la existencia de efectos cooperativos respecto al sustrato y el efector. La constante de afinidad de la forma I para el sustrato UDPG es 1,9-2,3 mM y la de la D es 0,9-1,3 mM. La forma D muestra, además, una constante de activación de 5,2-5,6 mM para el efector G6P.

**Palabras clave:** *Mytilus galloprovincialis*, glucógeno sintasa, características cinéticas.

## ABSTRACT

### *Glycogen synthase in mantle tissue of Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819*

*Glycogen synthase (GS) from Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819 mantle tissue is primarily in G6P-dependent form, whose activity is four times that of the G6P-independent form. Both forms present higher activity to pH: 7, but the D-form maintains 60 % of its maximum activity at extreme pH values, whereas that of the I-form drops to 25 %. The optimum temperature is 30-35 °C for both forms, but the I-form is more stable between 30 and 40 °C. Kinetic data on both enzymatic forms indicate the existence of cooperative effects with regard to the substrate and effector. The I-form affinity constant for the substrate UDPG is 1.9-2.3 mM and that of the D-form is 0.9-1.3 mM. Moreover, the D-form shows an activation constant for the effector G6P of 5.2-5.6 mM.*

**Keywords:** *Mytilus galloprovincialis*, Glycogen synthase, kinetic characteristics.

## INTRODUCCIÓN

La reproducción y el engorde son aspectos clave en el cultivo de *Mytilus*, y ambos están relacionados con la capacidad de almacenar sustancias de reserva en el tejido del manto, principalmente en forma de glucógeno (80 % del peso seco).

El tejido del manto de *Mytilus* tiene dos funciones fisiológicas: la acumulación de sustancias de reserva y el desarrollo de la gónada, por la que es invadido y que prolifera a sus expensas. Las células del tejido de reserva siguen una evolución inversa al desarrollo gametogénico (Lubet, 1959; Lubet *et al.*, 1976; Lowe, Moore y Bayne, 1982; Villalba,

1995; Danton *et al.*, 1996) que indica una íntima coordinación entre el ciclo gonadal y el del tejido de reserva. De entre los metabolitos acumulados en el tejido del manto de *Mytilus*, el glucógeno constituye el principal soporte energético de la gametogénesis (Lubet, 1959; De Zwaan y Zandee, 1972; Gabbott, 1983; Suárez, 2002).

En la ría de Vigo (Galicia, noroeste de España), la acumulación tiene lugar durante primavera-verano, coincidiendo con los *bloom* fitoplanctónicos. En invierno, la escasez de nutrientes en el medio y el inicio de la gametogénesis imponen la utilización del glucógeno almacenado como principal fuente energética y de precursores biosintéticos (Suárez, 2002). A principios de primavera, coincidiendo con un periodo de intensa y rápida gametogénesis que da lugar a las principales puestas, se observan sucesivos aumentos y caídas del contenido en glucógeno del tejido del manto que indican que *Mytilus* no utiliza directamente la glucosa ingerida, sino que depende del glucógeno almacenado para la maduración de los gametos (Suárez, 2002). Esto entraña la activación simultánea de rutas opuestas como la glucogenogénesis y la glucogenolisis, que en vertebrados están sometidas a un riguroso y antagónico control hormonal, covalente y alostérico.

La enzima clave de la glucogenolisis es la glucógeno fosforilasa. Su existencia en el tejido del manto de *Mytilus*, sus características moleculares y cinéticas y la variación durante la gametogénesis han sido documentadas por San Juan Serrano *et al.* (1991, 1993, 1995a,b, 1998), San Juan Serrano, Sánchez López y García Martín (1995, 1998) y Suárez (2002).

La responsable de la biosíntesis *de novo* del glucógeno es la enzima glucógeno sintasa (GS; EC 2.4.1.11), que utiliza como donador glucosídico la UDP-glucosa (UDPG).

En vertebrados, la GS existe en dos formas interconvertibles entre sí mediante reacciones de fosforilación y desfosforilación: la forma fosforilada, o forma D, dependiente de glucosa-6-fosfato (G6P) y la forma desfosforilada, o forma I, independiente de G6P. A su vez, la forma D se corresponde con la forma inactiva de la enzima, o forma b, mientras que la forma I se corresponde con la forma activa, o forma a, de la enzima. La existencia de esta actividad enzimática ha sido demostrada en *Mytilus edulis* L., 1758 (Cook y Gabbott, 1978).

En previsión de un posterior estudio sobre el especial control que el metabolismo del glucógeno parece ejercer en el tejido del manto de *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 durante el desarrollo gametogénico, el presente trabajo pone de manifiesto la actividad glucógeno sintasa en este tejido, optimiza el método de medida de las dos formas de la enzima y las caracteriza cinéticamente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Reactivos

Los sustratos, enzimas auxiliares y coenzimas fueron obtenidos en Sigma Chemical Company. Las sales, tampones y otros productos químicos de análisis eran de la firma Merck.

### Material biológico

Se utilizaron ejemplares de *M. galloprovincialis* recogidos directamente de bateas en la ría de Vigo en febrero de 2004, con tallas entre 8 y 10 cm (medida en su eje mayor) con el objetivo de evitar posibles diferencias debidas a la edad y grado de crecimiento. Los individuos recolectados fueron trasladados al laboratorio. La disección del tejido del manto se realizó tras la apertura de las valvas de 20 de los mejillones seleccionados, seccionando el músculo aductor posterior. Todos los hemimantos fueron escurridos en papel de filtro y reunidos para la obtención inmediata del extracto enzimático.

### Obtención del extracto enzimático

Se partió de una cantidad de 30 g de tejido, que se homogeneizó con tampón Tris-acetato 40 mM, pH:7,0, conteniendo 5 mM de imidazol, 5 mM de EDTA, 5 mM de  $\beta$ -mercaptoetanol, 10 mM de NaF y 0,12 M de KCl, en una proporción 1/5 (peso/volumen). El EDTA, como agente acomplejante de iones, es un inhibidor de la glucógeno sintasa quinasa y estabiliza la forma desfosforilada (forma I). El uso de iones  $F^-$  tiene la finalidad de estabilizar la forma fosforilada de la glucógeno sintasa (forma D) por inhibición de la fosfoproteína fosfatasa. El  $\beta$ -mercaptoetanol y el imidazol desempeñan

una función protectora de los restos sulfhidrilo de las estructuras proteínicas, evitando su oxidación, y el KCl se utiliza para mantener la isotonicidad con el tejido del manto de *Mytilus*. El homogeneizado obtenido se centrifugó a  $15\,400 \times g_{av}$  durante 30 min a 4 °C. El sobrenadante, conteniendo la fracción citosólica, fue filtrado a través de una gasa para eliminar grasas. El extracto bruto así obtenido fue dividido en alícuotas de 1 ml y congeladas a -80 °C hasta su utilización. Previamente a los diversos análisis realizados cada alícuota de solución enzimática fue dializada frente a 30 volúmenes del mismo tampón de extracción durante 30 min a 4 °C en agitación, con el fin de eliminar metabolitos contenidos en la muestra que pudieran interferir en la medida de la actividad enzimática.

#### Determinación de la actividad glucógeno sintasa

La determinación de la actividad GS se llevó a cabo siguiendo el método descrito por Passonneau y Rottenberg (1973), acoplando la liberación de UDP a su fosforilación a UTP vía piruvato quinasa (PK) y la producción de piruvato en esta reacción a la oxidación de NADH vía lactato deshidrogenada (LDH). La disminución de densidad óptica (DO) provocada por la desaparición de NADH se midió espectrofotométricamente a 340 nm en relación con el tiempo. La mezcla de reacción empleada, en un volumen de 1 ml, contenía tampón Tris-acetato 40 mM, pH:7,0, imidazol 5 mM, EDTA 2 mM,  $\beta$ -mercaptoetanol 1,4 mM, NaF 10 mM, acetato magnésico 5 mM, UDPG 5 mM, glucógeno 2 mg/ml, G6P 10 mM, PEP 5 mM, NADH 0,15 mM, 3 unidades internacionales (UI) PK, 5 UI LDH y 20  $\mu$ l de muestra. Preparada la mezcla de reacción, se incubó durante 20 minutos a 20 °C y posteriormente se midió el descenso de absorbancia también durante 20 min.

Se midió así la actividad conjunta de las dos formas presentes en el extracto enzimático (I + D). La forma I se midió en las mismas condiciones en ausencia de G6P. Posteriormente, la actividad de la forma D se calculó como la diferencia de la actividad conjunta (I + D) y la actividad de la forma I. La actividad enzimática se expresó en UI, medida definida como la cantidad de enzima necesaria para catalizar la formación de 1 mmol de glucógeno por minuto en las condiciones de ensayo.

#### Puesta a punto del método de medida de la actividad enzimática

Para la puesta a punto del método se estableció la concentración óptima de sustrato a la cual la enzima de *Mytilus* alcanza la actividad máxima de reacción, así como la linealidad de la actividad enzimática frente al tiempo de reacción. Para determinar la concentración saturante de sustrato se midió la reacción de la enzima a concentraciones crecientes del mismo (0,5-6 mM). Para determinar la concentración óptima de efector se midió la reacción de la enzima a concentraciones crecientes del mismo (4-14 mM). Para determinar la linealidad de la reacción y el tiempo necesario de incubación, se midió su actividad a diferentes tiempos hasta 40 min.

#### Determinación del pH óptimo

El pH óptimo de la glucógeno sintasa fue determinado analizando el efecto de este parámetro sobre la actividad de cada forma enzimática (I y D). Los ensayos se realizaron a 20 °C utilizando una mezcla de tampones tris-maleato y acético-acetato en concentraciones variables para obtener el valor de pH deseado en cada medida. El rango de valores de pH utilizado fue de 3 a 5,5 con el tampón acético-acetato y de 5,5 a 9,5 con el tris-maleato.

#### Efecto de la temperatura

Se estudió el efecto de la temperatura, tanto sobre la estabilidad como sobre la velocidad de reacción de ambas formas enzimáticas. Para determinar la temperatura óptima se ensayó la actividad enzimática en un rango de temperaturas de 5 a 55 °C. Para el estudio de la termoestabilidad se incubaron las muestras durante 1 h a diferentes temperaturas entre 15 y 50 °C. Transcurrido este tiempo, se ensayó la actividad enzimática como se describe en apartados anteriores.

#### Propiedades cinéticas

Las variables y constantes cinéticas fueron analizadas bajo las condiciones óptimas de pH y temperatura determinadas previamente, variando respectivamente las concentraciones de sustrato y efector

en la mezcla de reacción entre rangos de 0,5 a 6 mM de UDPG y de 4 a 14 mM de G6P. Para el análisis cinético se emplearon las representaciones de Michaelis-Menten, de Lineweaver-Burk,  $1/V$  frente a  $1/[S]^2$  y de Hill.

En las representaciones gráficas de estas variables cada punto corresponde a la media de tres determinaciones independientes, y las diferentes rectas de regresión y sus coeficientes de correlación han sido calculados teniendo en cuenta todos los ensayos realizados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Linealidad de la actividad enzimática en función del tiempo

La linealidad de la reacción de la glucógeno sintasa se determinó midiendo la actividad enzimática en función del tiempo de reacción (figura 1A). Puede observarse un aumento de la actividad enzimática proporcional al tiempo de reacción desde los primeros 20 minutos, en los que la reacción comienza a ser estable, hasta los 40 min. Se establecieron así sendos periodos de 20 min para la incubación de la mezcla de reacción y la medida de la actividad enzimática. Se observa también en esta gráfica que la forma D presenta una actividad cuatro veces mayor que la forma I, reflejando que la enzima glucógeno sintasa del manto de *Mytilus* se encuentra principalmente en su forma dependiente de G6P.

### Determinación del pH óptimo

El efecto del pH sobre la actividad de la glucógeno sintasa del tejido del manto de *Mytilus* se recoge en la figura 1B. Las dos formas de la enzima (I y D) presentan un pH óptimo de 7,0, similar al descrito para la enzima de hígado humano y de rata (Westphal y Nuttall, 1992) y dentro del amplio rango citado en la bibliografía para esta enzima (desde pH:6,0 hasta pH:9,0) (Brown y Larner, 1971; Issa y Mendicino, 1973; Killilea y Whelan, 1976; Hanigan, Donahue y Masaracchia, 1985).

Aunque no se observa una diferencia significativa entre los óptimos encontrados para ambas formas de la enzima del manto de *Mytilus*, la forma D conserva más del 60 % de su actividad a valores de pH extremos, donde la actividad de la forma I cae

hasta valores inferiores al 25 %. La diferencia de actividad entre las dos formas parece más notable en la parte ácida del rango de pH.

El mejillón es un organismo que presenta en muchos momentos una acusada dependencia del metabolismo anaeróbico, el cual conlleva una disminución del rendimiento energético y la acumulación de productos finales como cetoácidos, que disminuyen el pH del entorno celular. La síntesis de glucógeno a partir de glucosa requiere un paso previo de activación de la glucosa para originar UDPG, proceso que consume energía. La disminución del pH cuando el metabolismo anaeróbico se incrementa podría implicar en el manto de *Mytilus* un factor de control de la actividad de la glucógeno sintasa I, disminuyendo, de esta forma, el gasto energético.

### Determinación de la temperatura óptima

La temperatura es uno de los principales factores ambientales determinantes de la velocidad del metabolismo en animales poiquiloterms, principalmente de hábitats intermareales, como *Mytilus*. Estos organismos, aunque son incapaces de regular su temperatura corporal frente al medio externo, presentan mecanismos de aceleración o disminución de su metabolismo, así como modificaciones de la actividad de moléculas particulares que los mantienen relativamente protegidos de los cambios bruscos de temperatura.

Los resultados de temperatura óptima obtenidos para ambas formas de la glucógeno sintasa se muestran en la figura 1C. La forma I parece responder a temperaturas algo mayores que la forma D, alcanzando su actividad máxima a 35 °C, mientras que la forma D lo hace a temperaturas más bajas y alcanza su máxima actividad a 30 °C. Estos valores de temperatura óptima obtenidos para la enzima de *Mytilus* se encuentran dentro del rango de temperaturas óptimas descritas para esta enzima en otras especies (Takahara y Matsuda, 1978; Westphal y Nuttall, 1992). A temperaturas extremas (5 y 55 °C), la actividad de ambas formas disminuye hasta alcanzar valores mínimos. El descenso de actividad a altas temperaturas es debido al aumento de la agitación térmica de las moléculas de enzima y sustrato, y a la desnaturalización térmica de la enzima. A bajas temperaturas, el descenso de la actividad es provocada por la disminución de la energía cinética de las moléculas (Robyt y Whelan, 1968).



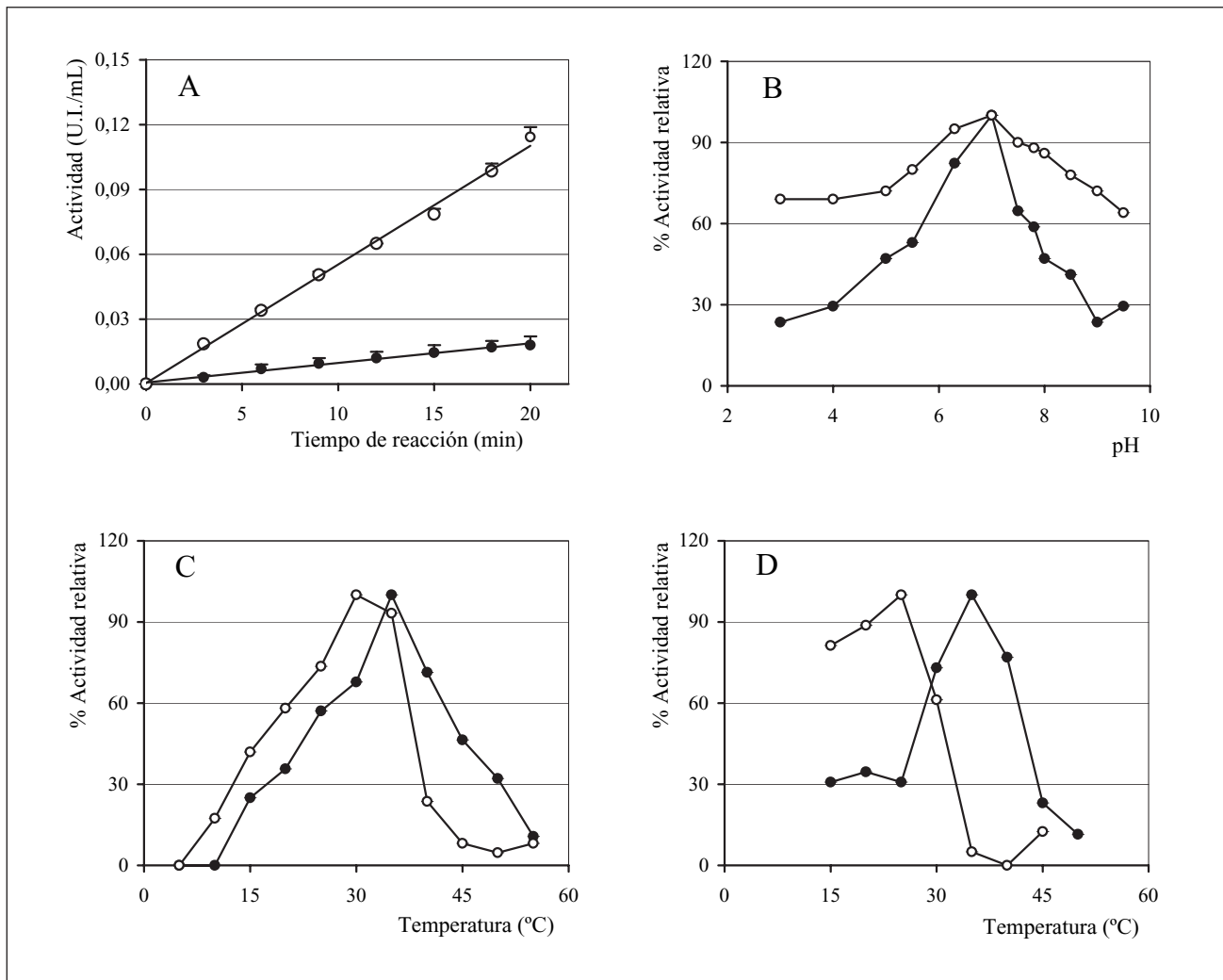


Figura 1. Actividad glucógeno sintasa del tejido del manto de *M. galloprovincialis*. (●): forma I; (○): forma D. (A): linealidad de la reacción enzimática; (B): efecto del pH sobre la actividad; (C): efecto de la temperatura sobre la actividad; (D): estabilidad térmica.

### Determinación de la termoestabilidad

La estabilidad de la enzima fue determinada como su actividad residual después de una hora de incubación a cada temperatura indicada. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 1D. Las dos formas de la glucógeno sintasa (I y D) presentan diferentes márgenes de estabilidad térmica. La forma I conserva una alta actividad entre 30-40 °C y la forma D entre 20 y 30 °C.

Aunque los ejemplares de mejillón utilizados en este estudio proceden de sistemas de cultivo (bateras) constantemente sumergidos, el hábitat natural de esta especie es la zona intermareal, donde principalmente se recoge la semilla que es encordada para su engorde en batea. En determinadas condiciones de bajamar y exposición solar, el mejillón

puede alcanzar temperaturas críticas de hasta 38-40 °C en el interior de las valvas (Bayne, Widows y Thompson, 1976). Teniendo esto en cuenta, los resultados mostrados parecen indicar que la temperatura podría constituir otro importante factor de control de esta enzima en el manto de *Mytilus* y su significado adaptativo deberá ser analizado en posteriores trabajos.

### Propiedades cinéticas de la forma independiente de G6P (forma I)

Como primera aproximación al estudio cinético de la forma desfosforilada e independiente de G6P de la enzima de *Mytilus*, se analizó el efecto de la concentración de su sustrato, UDPG. La represen-

tación de Michaelis-Menten de velocidad de reacción ( $V$ ) frente a la concentración del sustrato ([UDPG]) muestra una clara interrupción o quiebro para el valor 4 mM (figura 2A). Igualmente, la representación de Lineweaver-Burk de dobles recíprocos ( $1/V$  frente a  $1/[S]$ ) no se ajusta a una recta, sino que, a concentraciones por encima y por debajo de 4 mM, parece seguir dos cinéticas diferentes (figura 2B). Esta tendencia indica la presencia de dos o más formas enzimáticas en la preparación, con distintas velocidades máximas y constantes de afinidad. La diferencia entre las dos partes de la representación se acentúa con el aumento de la diferencia entre los valores de sus variables cinéticas (Segel, 1993).

A concentraciones por debajo de 4 mM de UDPG la representación de dobles recíprocos no es lineal, indicando cooperatividad e inhibición por sustrato. Para el cálculo de las constantes cinéticas en este rango de concentraciones se utilizaron las representaciones de  $1/V$  frente a  $1/[S]^2$  y la representación de Hill ( $\log V/(V_{\text{máx}} - V)$  frente a  $\log [\text{UDPG}]$ ) (Segel, 1993), obteniendo valores de  $K_{0,5}$  de 1,9 mM y  $V_{\text{máx}}$  de 0,013 UI y valores de  $S_{0,5}$  de 2,3 mM, respectivamente (figura 2C,D). Este valor de la constante de afinidad es similar a los citados en la bibliografía para la forma independiente (I) de la glucógeno sintasa de *M. edulis* (Cook y Gabbott, 1978). El cálculo del índice de Hill ( $n_H$ ) a partir de la representación de  $\log V/(V_{\text{máx}} - V)$  frente a  $\log [\text{UDPG}]$  arroja valores de 1,9 (figura 2D), mientras que algunos autores citan valores cercanos a 1 para la forma I de la GS (Roach, Takeda y Larner, 1976). Según Segel (1993), este índice indica el número de sitios de unión del sustrato por molécula de enzima, por lo que un valor de 1,9 sugiere que la forma I de la GS de manto de *Mytilus* presenta un segundo sitio de unión diferente del centro activo.

A concentraciones de UDPG superiores a 4 M, la representación parece seguir una cinética michaeliana, y las variables  $K_m$  y  $V_{\text{máx}}$ , calculadas a partir de la representación de Lineweaver-Burk, fueron 11,65 mM y 0,015 UI respectivamente. Este valor de  $K_m$  es muy superior a los citados en la bibliografía, que se encuentran entre 0,113 y 2,8 mM (Passoneau, Schwartz y Rottenberg, 1975; Cook y Gabbott, 1978).

En el caso de la enzima de *Mytilus*, este comportamiento podría indicar la presencia de una forma totalmente independiente del efector (I) y otra for-

ma dependiente del efector (D) con una actividad residual en ausencia del mismo y afinidad muy baja por el sustrato (alta  $K_m$ ), y no tanto reflejar la existencia de más de una forma I de la GS. Algo similar está descrito para la enzima glucógeno fosforilasa del manto de *Mytilus*, cuya forma dependiente de AMP, en ausencia de este activador, muestra una actividad mínima y la pérdida de los efectos alostéricos y cooperativos (San Juan *et al.*, 1993).

### Propiedades cinéticas de la forma dependiente de G6P (forma D)

La forma fosforilada y dependiente de G6P de la GS de manto de *Mytilus*, también presenta una peculiar cinética no lineal respecto a su sustrato UDPG. En este caso, se observa también una interrupción o quiebro para el valor 4 mM de UDPG (figura 3A) y la representación de Lineweaver-Burk de dobles recíprocos ( $1/V$  frente a  $1/[S]$ ) no se ajusta a una recta, sino que presenta dos tramos discontinuos (figura 3B). De forma similar a lo ya discutido, esta tendencia podría indicar la presencia de más de una forma D o bien la coexistencia en el extracto de las dos formas de la enzima: dependiente e independiente del efector G6P.

La representación de Lineweaver-Burk a concentraciones de UDPG inferiores a 4 mM tampoco es lineal (figura 3B), y para el cálculo de sus constantes cinéticas se recurrió a su transformación en lineal mediante la representación de  $1/V$  frente a  $1/[S]^2$  (Segel, 1993) (figura 3C). De esta forma se obtuvieron los valores 0,040 UI/ml de  $V_{\text{máx}}$  y 0,9 mM de  $K_{0,5}$  para la UDPG, que se encuentran dentro del rango en el que varían los descritos en la bibliografía para la forma D (Passoneau, Schwartz y Rottenberg, 1975; Huang y Robinson, 1976). La representación de Hill (figura 3D) corrobora el valor de  $K_{0,5}$ , con un valor de  $S_{0,5}$  de 1,3 mM. Sin embargo, en este caso, el índice  $n_H$  presenta un valor de 0,9, indicativo de un único sitio de unión para la UDPG sobre la estructura de la enzima. La comparación de este valor del índice  $n_H$  con el obtenido para la forma no fosforilada e independiente de G6P (forma I) ( $n_H = 1,9$ ) parece sugerir que la fosforilación de la enzima conlleva un enorme aumento de la afinidad del sitio efector por la G6P, y que en la forma no fosforilada independiente de la G6P el sitio secundario de unión de la UDPG descrito podría corresponderse con el sitio del efector

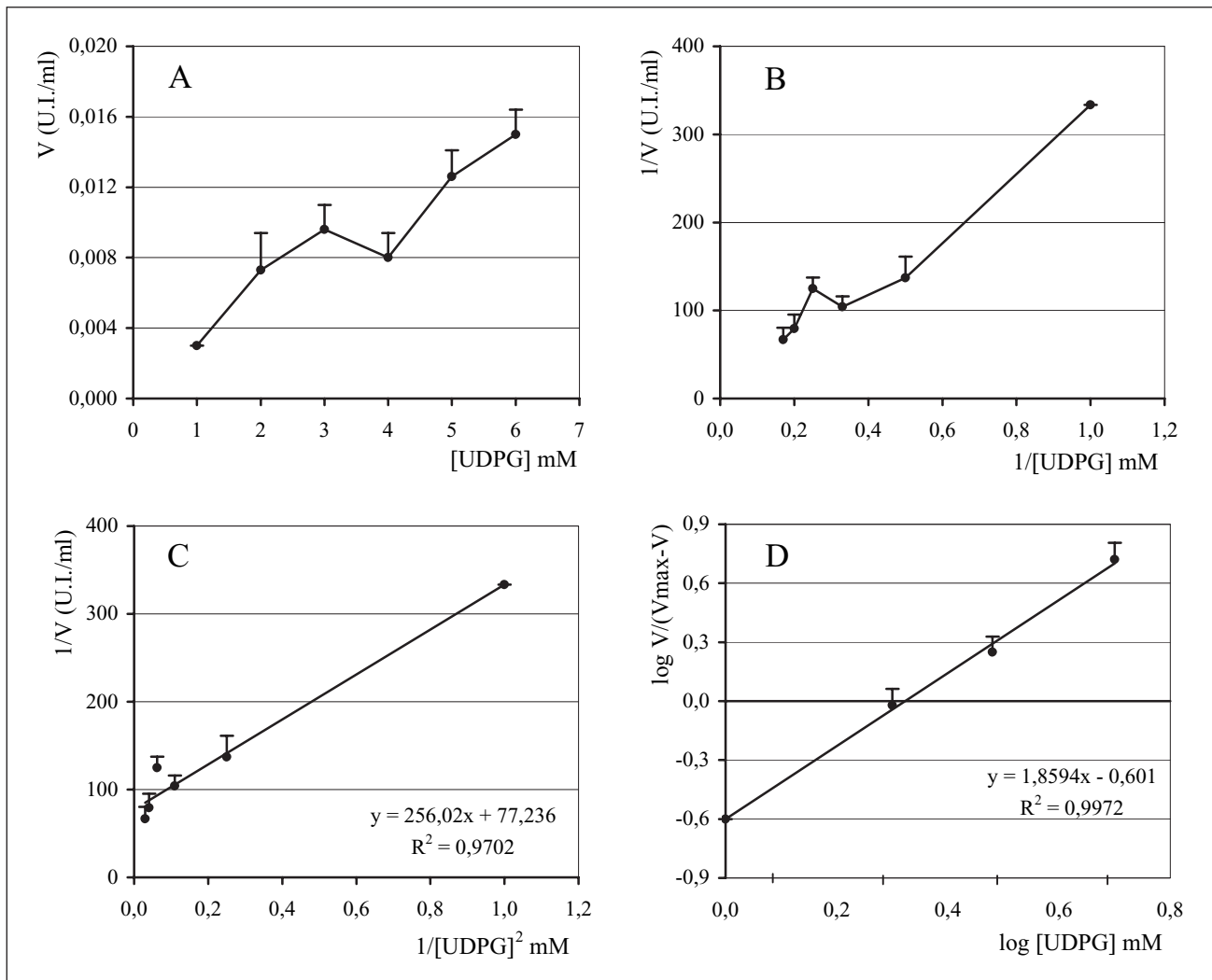


Figura 2. Cinética de la forma independiente de G6P (forma I) de la enzima glucógeno sintasa del tejido del manto de *M. galloprovincialis* respecto al sustrato UDPG. (A): representación de Michaelis-Menten ( $V$  frente a  $[UDPG]$ ); (B): representación de Lineweaver-Burk ( $1/V$  frente a  $1/[UDPG]$ ); (C): representación de  $1/V$  frente a  $1/[UDPG]^2$  a concentraciones inferiores a 4 mM; (D): representación de Hill ( $\log V/(V_{\max} - V)$  frente a  $\log [UDPG]$ ).

alostérico. La  $V_{\max}$  de esta forma es aproximadamente cuatro veces mayor que la de la forma I, y la afinidad por su sustrato es dos veces mayor, a pesar de estar considerada en vertebrados como una forma inactiva o menos activa (forma b).

La glucógeno sintasa es una enzima polimérica cuya dependencia del efector G6P viene determinada por la modulación covalente por fosforilación (Killilea y Whelan, 1976; Huang y Cabib, 1974; Cook y Gabbott, 1978). En algunos organismos se han descrito formas parcialmente fosforiladas, con características de actividad intermedias entre la forma fosforilada y la no fosforilada (Brown y Larner, 1971; Issa y Mendicino, 1973; Lin y Segal, 1973). Se analizó también la dependencia y el efecto del modulador G6P sobre la forma D de la enzima de

*Mytilus*. Para ello se midió la actividad enzimática a saturación de sustrato (5 mM) y variando la concentración de G6P entre 4 y 14 mM. Este rango de concentraciones de G6P fue determinado a partir de las concentraciones utilizadas por otros autores para la medida de la forma D (Passoneau, Schwartz y Rottenberg, 1975; Cook y Gabbott, 1978; Hanigan, Donahue y Masaracchia, 1985). Se observó un efecto inhibitorio a concentraciones superiores a 11 mM de G6P no representado en las gráficas. Entre 4 y 10 mM de G6P, la cinética respecto al efector es ligeramente sigmoide, y la representación de Lineweaver-Burk se aleja de la linealidad (figura 4A,B).

A partir de la representación de  $1/V$  frente a  $1/[S]^2$  se obtuvieron los valores 0,06 UI de  $V_{\max}$  y

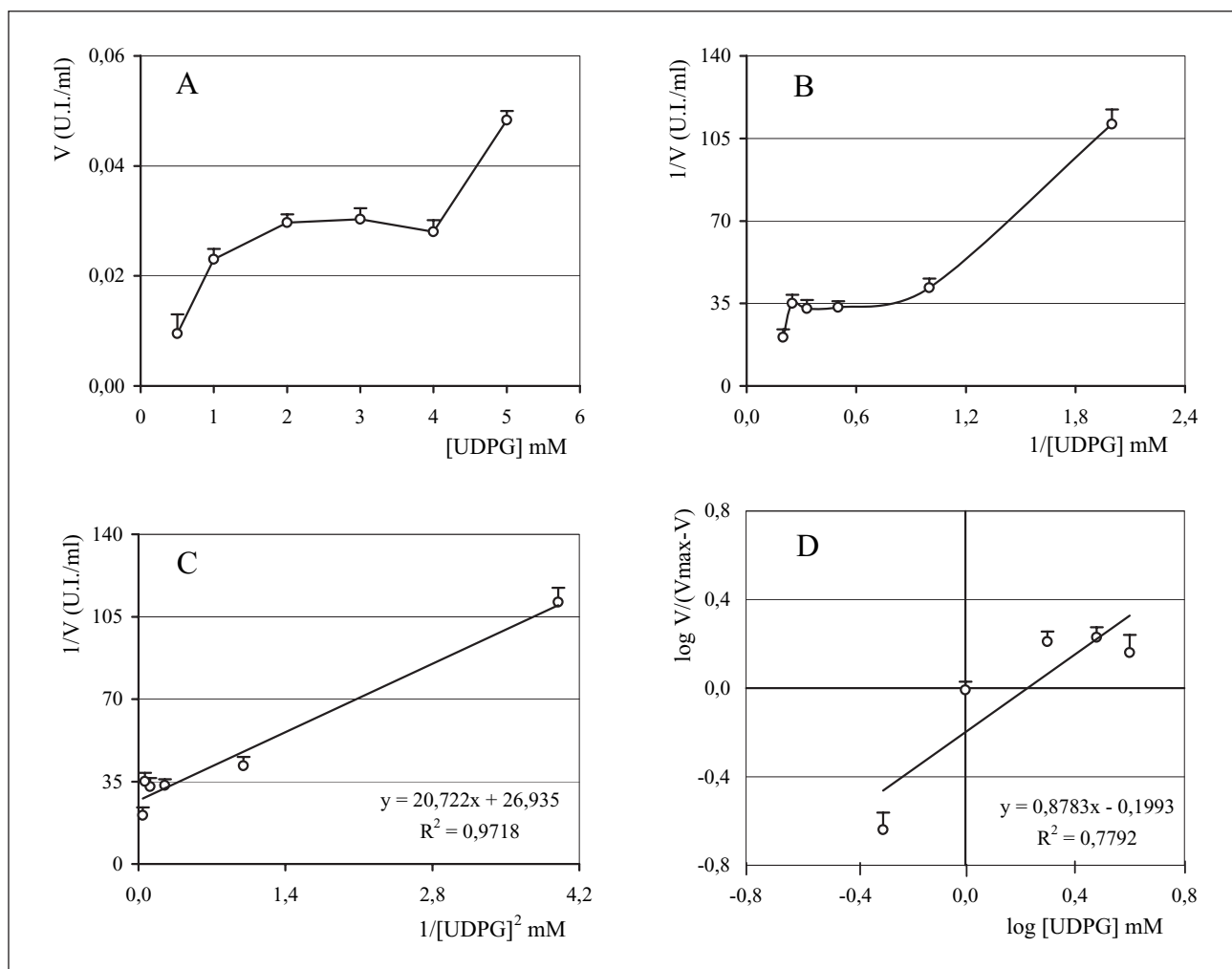


Figura 3. Cinética de la forma dependiente de G6P (forma D) de la enzima glucógeno sintasa del tejido del manto de *M. galloprovincialis* respecto al sustrato UDPG en presencia de 10 mM del efector G6P. (A): representación de Michaelis-Menten ( $V$  frente a  $[UDPG]$ ); (B): representación de Lineweaver-Burk ( $1/V$  frente a  $1/[UDPG]$ ); (C): representación de  $1/V$  frente a  $1/[UDPG]^2$ ; (D): representación de Hill ( $\log V/(V_{\max} - V)$  frente a  $\log [UDPG]$ ).

5,6 mM de  $K_{0,5}$  (figura 4C). La representación de Hill ofrece el valor 5,2 de  $S_{0,5}$ , confirmando así el obtenido a partir de la representación anterior. El valor del índice  $n_H$  es 2,3 (figura 4D), indicando más de un sitio de unión para el efector sobre la estructura de la enzima. Este sitio de unión secundario de la G6P podría corresponder al centro activo, de forma que a altas concentraciones desplazaría al sustrato, provocando un efecto inhibitor. Estos datos sugieren que la G6P desempeña un papel importante en la activación y regulación de la actividad glucógeno sintasa de este organismo. No obstante, estos resultados respecto a la enzima glucógeno sintasa del manto de *Mytilus* deberán ser confirmados tras la separación y purificación de cada una de las posibles formas existentes, con un estudio más profundo a escala molecular.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está incluido dentro de un proyecto subvencionado por la Xunta de Galicia (PGI-DIT03RMA30102PR) y la Universidad de Vigo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bayne, B. L., J. Widdows y R. J. Thompson. 1976. Physiological integrations. En: *Marine Mussels: their Ecology and Physiology*. B. L. Bayne (ed.): 261-299. Cambridge University Press. Londres.
- Brown, N. E. y J. Larner. 1971. Molecular characteristics of the totally dependent and independent forms of glycogen synthase of rabbit skeletal muscle. I. Preparation and characteristics of the totally glucose-6-phosphate dependent form. *Biochim. Biophys. Acta* 242: 69-80.

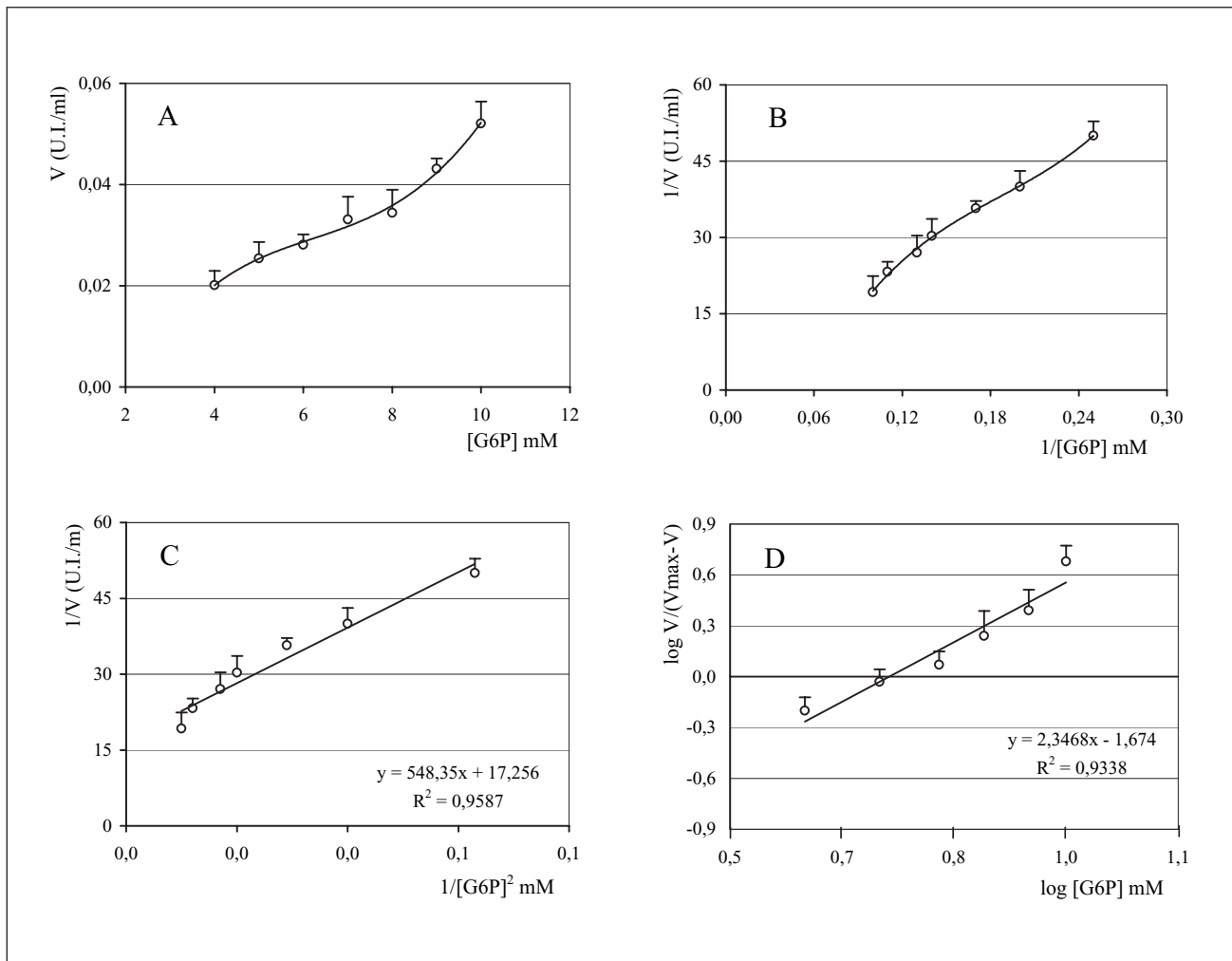


Figura 4. Cinética de la forma dependiente de G6P (forma D) de la enzima glucógeno sintasa del tejido del manto de *M. galloprovincialis* respecto al efector G6P a saturación de sustrato (UDPG) (5 mM). (A): representación de Michaelis-Menten (V frente a [G6P]); (B): representación de Lineweaver-Burk (1/V frente a 1/[G6P]); (C): representación de 1/V frente a 1/[G6P]<sup>2</sup>; (D): representación de Hill ( $\log V/(V_{\max} - V)$  frente a  $\log [G6P]$ ).

- Cook, M. J. y P. A. Gabbott. 1978. Glycogen synthetase in the sea mussel *Mytilus edulis* L. I. Purification, interconversion and kinetic properties of the I and D forms. *Comp. Biochem. Physiol.* 60 B: 419-421.
- Danton, E., M. Kiyomoto, A. Komaru, K. T. Wada, M. Awaji y M. Mathieu. 1996. Comparative analysis of storage tissue and insulin-like neurosecretion in diploid and triploid mussels *Mytilus galloprovincialis* Lmk. in relation to their gametogenesis cycle. *Invertebr. Reprod. Dev.* 29: 37-46.
- De Zwaan, A. y D. I. Zandee. 1972. Body distribution and seasonal changes in the glycogen content of the common sea mussel *Mytilus edulis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 43 A: 53-58.
- Gabbott, P. A. 1983. Developmental and seasonal changes metabolic activities in marine molluscs. En: *The Mollusca, Environmental Biochemistry and Physiology*. P. W. Hochachka (ed.) 2: 165-217. Academic Press. Nueva York.
- Hanigan, L. L., M. J. Donahue y R. A. Masaracchia. 1985. Comparative purification and characterization of inver-

- tebrate muscle glycogen synthetase from the porcine parasite *Ascaris suum*. *J. Biol. Chem.* 260: 16099-16105.
- Huang, K. P. y E. Cabib. 1974. Yeast glycogen synthetase in the glucose-6-phosphate-dependent. I. Purification and properties. *J. Biol. Chem.* 249: 3851-3857.
- Huang, K. P. y J. C. Robinson. 1976. A rapid and sensitive assay method for protein kinase. *Arch. Biochem. Biophys.* 175: 583-589.
- Issa, H. A. y J. Mendicino. 1973. Role of enzyme-enzyme interactions in the regulation of glycolysis and gluconeogenesis. Properties of glycogen synthetase isolated from wine kidney. *J. Biol. Chem.* 248: 685-696.
- Killilea, S. D. y W. J. Whelan. 1976. Purification and properties of rabbit liver glycogen synthetase. *Biochem.* 15: 1349-1356.
- Lin, D. C. y H. L. Segal. 1973. Homogeneous glycogen synthetase b from liver. *J. Biol. Chem.* 248: 7007-7011.
- Lowe, D. M., M. N. Moore y B. L. Bayne. 1982. Aspects of gametogenesis in the marine mussel *Mytilus edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 62: 133-145.

- Lubet, P. 1959. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et las Pectinidés. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.* 23: 389-545.
- Lubet, P., P. Herlin, M. Mathieu y F. Collin. 1976. Tissu de réserve et cycle sexuel chez les Lamelibranches. *Haliotis* 7: 59-62.
- Passoneau, J. V. y D. A. Rottenberg. 1973. An assessment of methods for measurement of glycogen synthetase activity including a new one-steo assay. *Anal. Biochem.* 51: 528-541.
- Passoneau, J. V., J. P. Schwartz y D. A. Rottenberg. 1975. The partial purification and properties of pig brain glycogen synthase. *J. Biol. Chem.* 250: 2287-2292.
- Roach, P. J., Y. Takeda y J. Larner. 1976. Rabbit skeletal muscle glycogen synthase. I. Relationship between phosphorylation state and kinetic properties. *J. Biol. Chem.* 251: 1913-1919.
- Robyt, J. F. y W. J. Whelan. 1968. The  $\alpha$ -amylases. En: *Starch and its derivates*. J. A. Radley (ed.): 430-476. Chapman and Hall. Londres.
- San Juan Serrano, F., M. Fernández González, J. L. Sánchez López y L. O. García Martín. 1991. Purification and molecular properties of glycogen phosphorylase b from mantle tissue of mussel, *Mytilus galloprovincialis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 98 B: 33-39.
- San Juan Serrano, F., M. Fernández González, J. L. Sánchez López y L. O. García Martín. 1993. A kinetic study of glycogen phosphorylase b from mantle tissue of mussel, *Mytilus galloprovincialis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 106 B: 925-932.
- San Juan Serrano, F., M. Fernández González, J. L. Sánchez López y L. O. García Martín. 1995a. Modification of kinetic parameters of glycogen phosphorylase from mantle tissue of *Mytilus galloprovincialis* by a phosphorylation mechanism. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 27: 917-922.
- San Juan Serrano, F., M. Fernández González, J. L. Sánchez López y L. O. García Martín. 1995b. Molecular mechanism of the control of glycogenolysis by calcium ions and cycle AMP in the mantle of *Mytilus galloprovincialis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 110 B: 577-582.
- San Juan Serrano, F., J. L. Sánchez López y L. O. García Martín. 1995. Caffeine inhibition of glycogen phosphorylase from *Mytilus galloprovincialis* mantle tissue. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* 27: 911-916.
- San Juan Serrano, F., J. L. Sánchez López y L. O. García Martín. 1998. Regulation by ATP and energy charge of glycogen phosphorylase from *Mytilus galloprovincialis* mantle. *Comp. Biochem. Physiol.* 120 B: 483-491.
- San Juan Serrano, F., P. Suárez Alonso, S. L. Blanco López y L. O. García Martín. 1998. Regulation of *Mytilus galloprovincialis* glycogen phosphorylase by glucose and glucose-6-phosphate. *J. Shellfish Res.* 17: 159-163.
- Segel, I. H. 1993. Enzyme kinetics. Behavior and analysis of rapid equilibrium and steady-state enzyme systems. J. Wiley and Sons. Nueva York: 57-71 y 346-382.
- Suárez, P. 2002. *Rutas glucogenolíticas en el tejido del manto de Mytilus galloprovincialis Lmk. y su incidencia en el desarrollo gametogénico*. Tesis doctoral. Universidad de Vigo. Vigo (Pontevedra), España: 158-164 y 180-187.
- Takahara, H. y K. Matsuda. 1978. Biosynthesis of glycogen in *Neurospora crassa*. Kinetic mechanism of UDP-glucosa: glycogen 4- $\alpha$ -glucosyltransferase. *Biochim. Biophys Acta* 522: 363-374.
- Villalba, A. 1995. Gametogenic cycle of cultured mussel, *Mytilus galloprovincialis*, in the bays of Galicia (N.W. Spain). *Aquaculture* 130: 269-277.
- Westphal, J. A. y F. Q. Nuttall. 1992. Comparative characterization of human and rat liver glycogen synthase. *Arch. Biochem. Biophys.* 292: 479-486.

# Catálogo de las especies de isópodos marinos (Crustacea: Isopoda) de los archipiélagos macaronésicos

J. Castelló<sup>1</sup> y J. Junoy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. Universitat de Barcelona.  
Passeig de la Vall d'Hebron, 171. E-08035 Barcelona, España. Correo electrónico: josep.castello@ub.edu

<sup>2</sup> Departamento de Zoología y Antropología Física. Universidad de Alcalá. E-28871 Alcalá de Henares (Madrid),  
España. Correo electrónico: juan.junoy@uah.es

Recibido en mayo de 2006. Aceptado en febrero de 2007.

## RESUMEN

Se presenta el catálogo de las especies de crustáceos isópodos marinos de los archipiélagos macaronésicos. Este catálogo complementa el de las costas ibéricas y baleares anteriormente publicado y, de esta forma, queda abarcado todo el litoral español. El listado comprende un total de 62 especies pertenecientes a 26 familias. De cada especie se señala su distribución, y se comentan aspectos de algunas de ellas.

**Palabras clave:** Isopoda, Macaronesia, catálogo.

## ABSTRACT

*Checklist of marine isopod species (Crustacea, Isopoda) from Macaronesia*

*A checklist of the marine isopod fauna from the Macaronesian archipelagos is presented. A total of 62 species, belonging to 26 families are known. Geographic distributions are indicated for each species, and for some, comments are included on certain aspects.*

**Keywords:** *Isopoda, Macaronesia, catalogue.*

## INTRODUCCIÓN

En este catálogo se recogen las citas de las especies de isópodos marinos de los archipiélagos macaronésicos: islas Canarias, Azores, Madeira, Salvajes y Cabo Verde. Se incluyen las especies marinas tanto de vida libre (Anthuridea, Asellota, Flabellifera, Microcerberidea, Valvifera) como epibiontes de peces en alguna fase de su ciclo biológico (Gnathiidea) o endoparásitos de otros crustáceos (Epicaridea). Se incluyen también las especies de Oniscidea supralitorales (Ligiidae y Tylidae).

Con el presente trabajo se completa el catálogo de las especies de isópodos de las costas españolas, ya que previamente había sido publicado el correspondiente a la península Ibérica e islas Baleares (Junoy y Castelló, 2003).

## MÉTODOS

Este catálogo se basa en la revisión bibliográfica de la literatura referente a los archipiélagos macaronésicos, incluyendo referencias propias de mo-

nografías (por ej.: Monod, 1926; Wolff, 1962), de otros catálogos taxonómicos y revisiones (por ej.: Hansen, 1905; Jacobs, 1987; Müller, 1994; Bruce y Holdich, 2002; Moore y Brusca, 2003), de campañas oceanográficas (por ej.: Dollfus, 1888; Koehler, 1911a; Vanhöffen, 1914; Chardy, 1975; Bourdon, 1979) y de descripciones de nuevas especies (por ej.: Holthuis, 1949; Wägele, 1987; Müller, 1988; Vonk y Wagner, 1992; Brökeland, Wägele y Bruce, 2001; Negoescu, 2004), en cuyo caso se hace constar la localidad tipo en el tratamiento que se da a cada especie. Además, se han utilizado diversas bases de datos disponibles en Internet, principalmente la del National Museum of Natural History (Smithsonian Institution) de Washington.

Desde el punto de vista taxonómico, se ha usado el mismo criterio que para el catálogo de las especies ibéricas y baleares (Junoy y Castelló, 2003), es decir, considerar los subórdenes siguientes: Anthuridea, Asellota, Epicaridea, Flabellifera, Gnathiidea, Microcerberidea, Valvifera, y Oniscidea.

## RESULTADOS

En este catálogo se citan 62 especies de isópodos marinos, pertenecientes a 49 géneros, 26 familias y 8 subórdenes, cuya repartición se muestra en la tabla I.

El contenido del catálogo de las especies de isópodos macaronésicos muestra una diversidad baja en comparación con el Atlántico ibérico, donde se han citado 166 especies (Junoy y Castelló, 2003). Esta diferencia puede deberse a las particularidades biogeográficas de los archipiélagos macaronésicos, aislados del continente africano, pero también a la falta de estudios del grupo en esta zona. Sin duda, un muestreo intensivo aumentaría nota-

Tabla I. Número de familias, géneros y especies de los distintos subórdenes de isópodos marinos de la Macaronesia. (\*): incluyendo *Paravireia holdichi* como *Flabellifera incertae sedis*.

Suborden	Familias	Géneros	Especies
Anthuridea	5	9	11
Asellota	8	12	16
Epicaridea	3	7	8
Flabellifera	4	14*	20*
Gnathiidea	1	2	2
Microcerberidea	1	1	1
Oniscidea	2	2	2
Valvifera	2	2	2

blemente la diversidad, en consonancia con lo que puede esperarse de la región atlántica nororiental.

Más de la mitad de las especies (35 especies: 56,4 %) incluidas en este catálogo fueron descritas a partir de ejemplares recogidos en alguno de los archipiélagos macaronésicos, y de ellas solo dos han sido citadas también en la península Ibérica. De hecho, solamente 22 especies macaronésicas pertenecen a la fauna ibérica, lo que indica que la fauna de isópodos de la Macaronesia es bastante particular por su elevado número de endemismos. En cualquier caso, un muestreo más intensivo podría ampliar la distribución de algunas de las especies actualmente consideradas como endémicas (32 especies: 51,6 %).

### Suborden ANTHURIDEA Monod, 1922

#### Familia Anthuridae Leach, 1814

#### Género *Amakusanthura* Nunomura, 1977

#### *Amakusanthura botosaneanui* Negoescu, 2004

El único ejemplar conocido de la especie fue recogido en la punta de Teno, al noroeste de Tenerife (Negoescu, 2004), por lo que actualmente se consideraría como endémica.

#### Género *Malacanthura* Barnard, 1925

#### *Malacanthura truncata* (Hansen, 1916)

Citada para las islas Canarias en los catálogos de Negoescu y Wägele (1984) y Müller (1994). Su distribución es atlántica, y en la península Ibérica ha sido recogida en el golfo de Vizcaya (Junoy y Castelló, 2003).

### Familia Expanathuridae Poore, 2001

#### Género *Eisothistos* Haswell, 1884

#### *Eisothistos adcentralis* Knight-Jones y Knight-Jones, 2002

Actualmente se consideraría como un endemismo macaronésico, pues únicamente consta la cita



del material utilizado para su descripción recogido de aguas someras de Madeira (Knight-Jones y Knight-Jones, 2002).

#### ***Eisothistos atlanticus* Vanhöffen, 1914**

Vanhöffen (1914) la describe a partir de material de las islas de Cabo Verde recolectado durante la Südpolar Expedition. Negoescu y Wägele (1984) y Müller (1994) recogen dicha cita en sus catálogos. Actualmente se consideraría como un endemismo macaronésico.

#### **Familia Hyssuridae Wägele, 1981**

##### **Género *Hyssura* Norman y Stebbing, 1886**

##### ***Hyssura vimsae* (Kensley, 1978)**

Descrita con material de la costa de Virginia (EE UU) por Kensley (1978), ha sido citada para el archipiélago canario por Negoescu y Wägele (1984).

##### **Género *Neohyssura* Amar, 1953**

##### ***Neohyssura atlantica* Wägele, 1987**

La localidad tipo se halla en las islas de Cabo Verde (Ilha do Sal, Ponta Jalunga) (Wägele, 1987). Müller (1994) recoge dicha cita en su catálogo. Actual endemismo macaronésico.

#### **Familia Leptanthuridae Poore, 2001**

##### **Género *Curassanthura* Kensley, 1981**

##### ***Curassanthura canariensis* Wägele, 1985**

Los ejemplares tipo proceden de Los Jameos del Agua, en Lanzarote (Wägele, 1985), cuevas conectadas con el litoral por un túnel de 1400 metros. Negoescu y Wägele (1984), aunque la descripción de la especie se publicó un año después, y Müller (1994) recogen la cita en sus catálogos. Esta especie es un endemismo macaronésico.

#### **Género *Leptanthura* Sars, 1899**

##### ***Leptanthura affinis* (Bonnier, 1896)**

En su catálogo, Negoescu y Wägele (1984) la citan en las islas Canarias. En la península Ibérica ha sido recogida en el golfo de Vizcaya (Junoy y Castelló, 2003).

#### **Familia Paranthuridae Menzies y Glynn, 1968**

##### **Género *Accalathura* Barnard, 1925**

##### ***Accalathura crenulata* (Richardson, 1901)**

Su distribución es atlántica, y Negoescu y Wägele (1984) la citan para las islas de Cabo Verde, cita que aparece como dudosa en el catálogo de Müller (1994).

##### **Género *Paranthura* Bate y Westwood, 1868**

##### ***Paranthura costana* Bate y Westwood, 1868**

Ampliamente citada en el Atlántico nororiental y el Mediterráneo (Junoy y Castelló, 2003), aparece recogida en los catálogos de Negoescu y Wägele (1984) y Müller (1994) para las islas Canarias y las de Cabo Verde.

##### ***Paranthura nigropunctata* (Lucas, 1849)**

Ampliamente citada en el Atlántico nororiental y el Mediterráneo (Junoy y Castelló, 2003). Ha sido citada en las islas Azores y en las de Cabo Verde (Vanhöffen, 1914; Negoescu y Wägele, 1984; Müller, 1994).

#### **Suborden ASELLOTA Latreille, 1802**

#### **Familia Eurycopidae Hansen, 1916**

##### **Género *Amuleta* Wilson y Thistle, 1985**

##### ***Amuleta abyssorum* (Richardson, 1911)**

Descrita como *Ilyarachna* a partir de ejemplares del nordeste de las Azores (43° 15' N, 21° 40' O) re-

colectados durante la campaña del Talisman (Richardson, 1911), es citada por Wolff (1962). Su distribución se extiende hasta el sudeste de Irlanda y es recogida en el golfo de Vizcaya (Wilson y Thistle, 1985; Junoy y Castelló, 2003).

**Género *Eurycope* Sars, 1864**

***Eurycope canariensis* Wilson, 1983**

La localidad tipo (27° 45' N, 14° 13' O) se sitúa al sur de Fuerteventura (islas Canarias) y los paratipos proceden del sur de Gran Canaria y de las costas de Guinea (Wilson, 1983).

**Familia Gnathostenetroidae Fresi, Idato y Scipione, 1980**

**Género *Caecostenetroides* Fresi y Schiecke, 1968**

***Caecostenetroides mixtum* Stock y Vonk, 1992**

Descrita a partir de muestras recolectadas en el suroeste de Achada de Santo Antonio, la isla de Santiago y el suroeste de Praia (islas de Cabo Verde) (Stock y Vonk, 1992). Actual endemismo macaronésico.

***Caecostenetroides ruderalis* Stock y Vonk, 1990**

La localidad tipo es la punta del Hidalgo en Tenerife (islas Canarias) (Stock y Vonk, 1990). Endemismo macaronésico.

**Género *Dignatroides* Stock y Vonk, 1990**

***Dignatroides leptosoma* Stock y Vonk, 1990**

Descrita a partir de ejemplares recolectados en la punta del Hidalgo en Tenerife (islas Canarias) (Stock y Vonk, 1990). Endemismo macaronésico.

**Familia Haploniscidae Hansen, 1916**

**Género *Haploniscus* Richardson, 1908**

***Haploniscus charcoti* Chardy, 1975**

Descrita a partir de material del nordeste de las Azores, recolectado a más de 3 000 metros de pro-

fundidad (Chardy, 1975). Endemismo macaronésico.

***Haploniscus percavix* Menzies, 1962**

Wolff (1962) la cita del oeste de las Azores, lo que representaría su límite septentrional ya que esta especie fue descrita del sur de África (Menzies, 1962).

**Familia Ischnomesidae Hansen, 1916**

**Género *Heteromesus* Richardson, 1908**

***Heteromesus similis* Richardson, 1911**

Descrita a partir de ejemplares del nordeste de las Azores recolectados durante la campaña del Talisman (Richardson, 1911), la cita es recogida por Wolff (1962). Se trata de un endemismo macaronésico.

***Heteromesus spinosus* (Beddard, 1886)**

Descrita como *Ischnosoma* a partir de ejemplares recolectados durante el viaje del *H. M. S. Challenger* cerca de las Azores (37° 26' N, 25° 13' O) (Beddard, 1886), la cita es recogida por Wolff (1962). Endemismo macaronésico.

**Familia Janirellidae Menzies, 1956**

**Género *Janirella* Bonnier, 1896**

***Janirella glabra* Richardson, 1911**

No constan más citas que la del material empleado para su descripción, proveniente de las islas Canarias (Richardson, 1911). Esta cita es recogida por Wolff (1962). Se trata, pues, de un endemismo macaronésico.

**Familia Janiridae Sars, 1897**

**Género *Carpías* Richardson, 1902**

***Carpías stebbingi* (Monod, 1933)**

Especie de distribución atlántica nororiental y mediterránea, tan solo citada en nuestras aguas en

las islas Chafarinas (Castellanos, Hernández-Vega y Junoy, 2003; Junoy y Castelló, 2003). La cita macaronésica (subespecie *stebbingi*) es dudosa (Wolff, 1962).

#### ***Carpías stylodactylus* (Nobili, 1906)**

Esta especie, descrita con material de la Polinesia, se encuentra en el mar Rojo (Wolf, 1962). Existe una cita dudosa para las islas de Cabo Verde (Wolff, 1962).

#### **Género *Jaera* Leach, 1814**

##### ***Jaera nordmanni* (Rathke, 1837)**

Descrita como *Janira*, se trata de una especie polimórfica de la que se han descrito diversas subespecies (Lemercier, 1960, 1968; Veuille, 1979). *Jaera guernei* Dollfus, 1889 descrita en las aguas dulces de la isla de Florès (Azores), fue considerada como *J. nordmanni nordmanni* por Lemercier (1960, 1968), quien, a su vez, señala en Funchal (Azores) a *J. nordmanni massiliensis*. Para Veuille (1976), en la isla de Florès se encuentran dos subespecies del complejo *nordmanni*: *J. (nordmanni) nordmanni guernei* y *J. (nordmanni) nordica insulana*. Wolff (1962) da una distribución que comprende el mar Negro, el mar Mediterráneo y las Azores.

#### **Familia *Joeropsidae* Nordenstam, 1933**

##### **Género *Joeropsis* Koehler, 1885**

##### ***Joeropsis caboverdensis* Müller, 1988**

No se conocen más ejemplares que el utilizado para su descripción (islas de Cabo Verde) (Müller, 1988). Por tanto, se trata de un endemismo macaronésico.

#### **Familia *Munnopsidae* Sars, 1869**

##### **Género *Bathyopsurus* Nordenstam, 1955**

##### ***Bathyopsurus abyssicolus* (Beddard, 1885)**

Descrita como *Eurycope* a partir de material del oeste de las Azores (38° 03' N, 39° 19' O) (Beddard,

1885). No existen otras citas (Wolf, 1962), por lo que puede considerarse un endemismo macaronésico.

#### **Género *Vanhoeffenura* Malyutina, 2004**

##### ***Vanhoeffenura atlantica* (Beddard, 1885)**

Descrita como *Eurycope* por Beddard (1885) y citada como *Storthingura* por Wolff (1962), su localidad tipo corresponde a las Azores (38° 11' N, 27° 09' O). No existen otras citas, por lo que puede considerarse un endemismo macaronésico.

#### **Suborden EPICARIDEA Latreille, 1813**

#### **Familia Bopyridae Rafinesque-Schmaltz, 1815**

##### **Género *Gigantione* Kossmann, 1881**

##### ***Gigantione bouvieri* Bonnier, 1900**

Descrita a partir de ejemplares recolectados durante la campaña de 1883 del Talisman en las Azores. Parasita al braquiuro *Pilumnus hirtellus* (Linnaeus, 1761). No se tiene constancia de otras citas, por lo que se trata de un endemismo macaronésico.

##### **Género *Pleurocryptella* Bonnier, 1900**

##### ***Pleurocryptella formosa* (Giard y Bonnier, 1888)**

Descrita como *Pleurocrypta*, su procedencia es un dragado del Talisman cerca de las islas Canarias (Bonnier, 1900). Parasita el galateido *Chirostylus formosus* (Filhol, 1885). Ha sido citada en Irlanda (Tattersall, 1905; Hansson, 1998).

##### ***Pleurocryptella paguri* Bourdon, 1979**

Descrita para las Azores a partir de ejemplares recolectados en la campaña Biaçores (Bourdon, 1979). No se tiene constancia de otras citas, por tanto, es un endemismo macaronésico.

**Familia Cabiropidae Giard y Bonnier, 1887****Género *Cabirops* Kossmann, 1884*****Cabirops serratus* Bourdon, 1966**

Descrita a partir de ejemplares de la expedición del Talisman (Fuerteventura, islas Canarias) (Bourdon, 1966), su única cita. Se trata de un endemismo macaronésico.

**Familia Dajidae Sars, 1882****Género *Heterophryxus* Sars, 1885*****Heterophryxus appendiculatus* Sars, 1885**

Descrita para las islas de Cabo Verde, es la única cita existente (Sars, 1885). Bonnier (1900) indica que parasita al eufausiáceo *Euphausia pellucida* (Brandt, 1851). Se trata de un endemismo macaronésico.

**Género *Holophryxus* Richardson, 1905*****Holophryxus richardi* Koehler, 1911**

Descrita a partir de material recolectado en las Azores (Koehler, 1911b). No existen más citas. Se trata de un endemismo macaronésico.

**Género *Notophryxus* Sars, 1882*****Notophryxus longicaudatus* Vanhöffen, 1914**

Descrita a partir de un macho recolectado en las islas de Cabo Verde durante la Deutsche Südpolar Expedition (Vanhöffen, 1914). Es su única cita y, por tanto, se trata de un endemismo macaronésico.

**Género *Zonophryxus* Richardson, 1903*****Zonophryxus dodecapus* Holthuis, 1949**

Descrita a partir de ejemplares de las islas Canarias (Holthuis, 1949). Es su única cita y constituye un endemismo macaronésico.

**Suborden FLABELLIFERA Sars, 1882****Familia Aegidae Leach, 1815****Género *Xenuraega* Tattersall, 1909*****Xenuraega ptilocera* Tattersall, 1909**

Especie descrita a partir de material recolectado frente a las Azores (Tattersall, 1909). Al no existir otras citas, puede considerarse un endemismo macaronésico.

**Familia Cirolanidae Dana, 1852****Género *Colopisthus* Richardson, 1902*****Colopisthus canna* Moore y Brusca, 2003**

La localidad tipo es São Vicente (islas de Cabo Verde) (Moore y Brusca, 2003). No existen otras citas, por tanto, es una especie endémica de la Macaronesia.

**Género *Eurydice* Leach, 1815*****Eurydice grimaldii* Dollfus, 1888**

Descrita a partir de material de las islas Azores, la localidad tipo es Porta Delgada, isla de San Miguel (Dollfus, 1888). De distribución atlántica nororiental, en la península Ibérica ha sido citada en el golfo de Cádiz (Junoy y Castelló, 2003).

**Familia Cymothoidae Leach, 1818****Género *Anilocra* Leach, 1818*****Anilocra capensis* Leach, 1818**

Especie de distribución atlántica oriental (Junoy y Castelló, 2003). En la Macaronesia ha sido citada para las islas Canarias –Las Palmas de Gran Canaria (Koelbel, 1892); Tenerife (Stebbing, 1900)– y para las islas de Cabo Verde (Trilles, 1979). Trilles (1991) recoge de nuevo estas mismas citas, y junto con Thorsen (Thorsen y Trilles, 2002) señala su presencia en los peces de Canarias.

Comentario. Thorsen *et al.* (2000) indicaron la presencia de una especie diferente de *Anilocra physodes* (L., 1758) en las aguas de Gran Canaria. En el trabajo posterior (Thorsen y Trilles, 2002) se reidentifica la especie como *A. capensis*.

### Género *Ceratothoa* Dana, 1852

#### *Ceratothoa oestroides* (Risso, 1826)

Trilles (1991) recoge las citas en la Macaronesia de las Azores (Barrois, 1887, 1888) y de Tenerife y Gran Canaria (Koelbel, 1892). Especie de distribución atlántico-mediterránea ampliamente citada en la península Ibérica (Junoy y Castelló, 2003).

#### *Ceratothoa parallela* (Otto, 1828)

Se trata de una especie atlántico-mediterránea citada en el litoral ibérico (Junoy y Castelló, 2003). En la Macaronesia ha sido citada para las islas Canarias (Barrois, 1888) y Madeira (Schioedte y Meinert, 1883), citas recogidas en Trilles (1991).

#### *Ceratothoa steindachneri* Koelbel, 1878

Especie de distribución atlántica y mediterránea (Junoy y Castelló, 2003) ha sido citada en las islas Canarias por Cuyás *et al.* (2004) sobre *Serranus atricauda* Günther, 1874.

### Género *Glossobius* Schioedte y Meinert, 1883

#### *Glossobius impressa* (Say, 1818)

Citada por Cunningham (1869-1871) en Cabo Verde, su distribución es atlántica.

### Género *Livoneca* Leach, 1818

#### *Livoneca sulcata* Koelbel, 1892

Se conoce solamente de las islas Canarias (Tenerife, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote) (Trilles, 1991), por lo que se trata de un endemismo macaronésico.

### Género *Nerocila* Leach, 1818

#### *Nerocila armata* Dana, 1853

Especie de distribución atlántica tropical. En la Macaronesia, ha sido recogida en Gran Canaria (islas Canarias) (Trilles, 1977, 1979, 1991; Thorsen y Trilles, 2002).

#### *Nerocila bivittata* (Risso, 1816)

Se trata de una especie citada tanto en el Atlántico como en el Mediterráneo ibéricos (Junoy y Castelló, 2003). En la Macaronesia se conoce de Tenerife (islas Canarias) (Koelbel, 1892), cita recogida también por Trilles (1991).

### Familia Sphaeromatidae Latreille, 1825

#### Género *Campeopea* Leach, 1814

#### *Campeopea hirsuta* (Montagu, 1804)

Junoy y Castelló (2003) le atribuyen una distribución atlántica nororiental, e indican que ha llegado a penetrar en el Mediterráneo (islas Chafarinas). En la Macaronesia se ha citado para las islas Canarias: costa Teguisse, Lanzarote (Bruce y Holdich, 2002) y para las Azores: Aqua d'Atto, Sao Miguel (Bruce y Holdich, 2002).

#### *Campeopea lusitanica*

#### (Nolting, Reboreda y Wägele, 1998)

Descrita como *Anoplocopea*, esta especie se conoce solamente de Galicia, Portugal, Canarias y Azores (Junoy y Castelló, 2003). Las citas macaronésicas de deben a Bruce y Holdich (2002): caleta de Fuste en Fuerteventura, costa Teguisse en Lanzarote (islas Canarias) y Caloura en Sao Miguel (islas Azores).

### Género *Cymodoce* Leach, 1814

#### *Cymodoce robusta* Nierstrasz, 1918

Se trata de una especie de distribución atlántica nororiental y mediterránea (Junoy y Castelló, 2003). En la Macaronesia ha sido citada para las islas de Cabo Verde por Nierstrasz (1918) y Monod (1931).

**Género *Dynamene* Leach, 1814*****Dynamene bidentata* (Adams, 1800)**

Especie atlántica nororiental y mediterránea. Rebores (1995) indica que su distribución alcanza las islas Azores, lo cual confirman Ferraz *et al.* (2004) en la isla de Sao Jorge.

***Dynamene magnitorata* Holdich, 1968**

Especie de distribución atlántica nororiental y mediterránea (Junoy y Castelló, 2003). Holdich (1970) la cita para las islas Azores.

**Género *Lekanesphaera* Verhoeff, 1943*****Lekanesphaera glabella* Jacobs, 1987**

La localidad tipo es Funchal, Madeira (Jacobs, 1987). No se conocen otras citas, por tanto se trata de un endemismo macaronésico.

***Lekanesphaera terceirae* Jacobs, 1987**

Especie conocida solo de las Azores. La localidad tipo es el oeste de Angra do Heroísmo Terceira. Jacobs (1987) también estudió paratipos de la costa sur de Pico, suroeste de Lajes. Se trata de un endemismo macaronésico.

**Género *Sphaeroma* Bosc, 1806*****Sphaeroma serratum* (Fabricius, 1787)**

Se trata de una especie de distribución mundial (Junoy y Castelló, 2003). Jacobs (1987) estudia material de la costa sur de Madeira y de Pico y Sao Jorge (Azores).

***Flabellifera incertae sedis*****Género *Paravireia* Chilton, 1925*****Paravireia holdichi* Brökeland, Wägele y Bruce, 2001**

Se trata de la tercera especie de este género y es descrita a partir de ejemplares de las islas Canarias.

Las dos anteriores son propias de Nueva Zelanda (*P. typicus* Chilton, 1925; *P. pistus* Jansen, 1973). Aunque muestran caracteres que las relacionan con los Sphaeromatidae, la total ausencia de urópodos hace que este género sea único y no se incluya en ninguna de las familias conocidas hasta el momento. La localidad tipo es la playa Taurito (Gran Canaria), mientras que los paratipos proceden de Costa Teguise (Lanzarote) y playa de las Américas (Tenerife). Actualmente es un endemismo macaronésico.

**Suborden GNATHIIDEA Hansen, 1916****Familia Gnathiidae Harger, 1880****Género *Bathynathia* Dollfus, 1901*****Bathynathia bathybia* (Beddard, 1886)**

Descrita como *Anceus* a partir de material de la expedición del *Challenger* recolectado cerca de las Azores (Beddard, 1886), en la monografía de Monod (1926) se recoge esta cita. Cabe considerar la especie como un endemismo macaronésico.

**Género *Gnathia* Leach, 1814*****Gnathia maxillaris* (Montagu, 1804)**

Junoy y Castelló (2003) indican que su distribución es atlántica nororiental y mediterránea, y que ha sido ampliamente citada en la península Ibérica y en Baleares. Ha sido citada para las Azores por Barrois (1888).

**Suborden MICRO CERBERIDEA Lang, 1961****Familia Microcerberidae Karaman, 1933****Género *Coxicerberus* Wägele, Voelz y McArthur, 1995*****Coxicerberus insularis* (Vonk y Wagner, 1992)**

Descrita como *Microcerberus*, la localidad tipo es la playa de San Juan en Tenerife (islas Canarias), mientras que los paratipos proceden de El Tablero (Vonk y Wagner, 1992). No existen otras citas, por

lo que cabe considerar esta especie como un endemismo macaronésico.

### Suborden ONISCIDEA Latreille, 1803

#### Familia Ligiidae Brandt, 1883

#### Género *Ligia* Fabricius, 1798

#### *Ligia italica* Fabricius, 1798

Especie muy común, ampliamente citada en el mediterráneo español; su distribución llega hasta el cabo de San Vicente y los diferentes archipiélagos macaronésicos (Vandel, 1960; Davenport, 1994) existiendo, sin embargo, dudas sobre su presencia en las islas de Cabo Verde.

#### Familia Tylidae Milne Edwards, 1840

#### Género *Tylos* Latreille, 1826

#### *Tylos europaeus* Arcangeli, 1938

Junoy y Castelló (2003) indican que su distribución es atlántica nororiental y mediterránea. Vandel (1960) la cita para todos los archipiélagos macaronésicos.

### Suborden VALVIFERA Sars, 1882

#### Familia Arcturidae White, 1850

#### Género *Arcturella* Sars, 1897

#### *Arcturella cornuta* Koehler, 1911

Descrita a partir de material recolectado en la campaña del *Princesse Alice* (Koehler, 1911a), la localidad tipo está próxima a las Azores, existiendo solo esta cita. La especie es, pues, un endemismo macaronésico.

#### Familia Idoteidae Samouelle, 1819

#### Género *Idotea* Fabricius, 1798

#### *Idotea linearis* (Linnaeus, 1766)

De distribución atlántica nororiental y mediterránea, esta especie ha sido ampliamente citada en

la península Ibérica y Baleares (Junoy y Castelló, 2003). Naylor (1972) y Castelló (1986) amplían su distribución hasta el archipiélago canario.

### BIBLIOGRAFÍA

- Barrois, T. 1887. *Note préliminaire sur la Faune Carcinologique des Açores*. Le Bigot Frères. Lille, Francia: 1-14.
- Barrois, T. 1888. *Catalogue des Crustacés marins recueillis aux Açores, durant les mois d'Août et Septembre 1887*. Le Bigot Frères. Lille, Francia: 110 pp; lám. I-IV.
- Beddard, F. E. 1885. Preliminary Notice of the Isopoda collected during the Voyage of H. M. S. *Challenger*. Part 2. Munnopsidae. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 1885: 916-925.
- Beddard, F. E. 1886. Report on the Isopoda collected by H. M. S. *Challenger* during the years 1873-1876. Part 2. *Report of the Voyage of H. M. S. Challenger* 17: 1-178.
- Bonnier, J. 1900. Contribution à l'étude des Épicarides. Les Bopyridae. *Travaux de l'Institut Zoologique de Lille et du Laboratoire de Zoologie Maritime de Wimereux* 8: 1-478.
- Bourdon, R. 1966. Sur quelques nouvelles espèces de Cabiropsidae (Isopoda, Epicaridea). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.* (Ser. 2) 38: 846-868.
- Bourdon, R. 1979. Bopyridae de la campagne Biçores (Isopoda, Epicaridea). *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.* (Paris) 4 (1) Section A (2): 507-512.
- Brökeland, W., J. W. Wägele y N. L. Bruce. 2001. *Paravireia holdichi* n. sp., an enigmatic isopod crustacean from the Canary Islands with affinities to species from New Zealand. *Organisms Diversity and Evolution* 1: 83-89.
- Bruce, N. L. y D. M. Holdich. 2002. Revision of the isopod crustacean genus *Campecopea* (Flabellifera: Sphaeromatidae) with discussion of the filogenetic significance of dorsal processes. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 82: 51-68.
- Castellanos, C., S. Hernández-Vega y J. Junoy. 2003. Isópodos marinos (Crustacea, Isopoda) de las islas Chafarinas. En: *Investigaciones sobre el bentos marino: IX Simposio ibérico de estudios del bentos marino* (19-23 de febrero, 1996. Alcalá de Henares, Madrid, España). J. M. Viéitez y J. Junoy (eds.). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 19 (1-4): 219-233.
- Castelló, J. 1986. *Contribución al conocimiento biológico de los crustáceos del litoral catalano-balear*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona, España: 569 pp.
- Chardy, P. 1975. Isopodes nouveaux des campagnes Biçores et Biogas IV en Atlantique Nord. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.* (Ser. 3) 303 (Zool.) 213: 669-708.
- Cunningham, R. O. 1869-1871. Isopoda. En: *Notes on the Reptiles, Amphibia, Fishes, Mollusca and Crustacea obtained during the voyage of H. M. S. Nassau in the years 1866-1869*. *Trans. Linn. Soc. Lond.* XXVII 4: 498-500; lám. 59.
- Cuyás, C., J. J. Castro, A. T. Santana-Ortega y E. Carbonell. 2004. Insular stock identification of *Serranus atricauda* (Pisces: Serranidae) through the presence of *Ceratothoa steindachneri* (Isopoda: Cymothoidae) and *Pentacapsula cutanea* (Myxozoa: Pentacapsulidae) in the Canary Islands. *Scientia Marina* 68 (1): 159-163.

- Davenport, J. 1994. Observations on the behaviour, salinity relations and colour change of a population of *Ligia italica* Fabricius (Isopoda, Oniscidea, Ligidiidae) living on Madeira. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 74 (4): 959-962.
- Dollfus, A. 1888. Sur quelques crustacés isopodes du littoral des Açores (Troisième campagne de l'Hirondelle). *Bull. Soc. Zool. France* 23: 1-5.
- Ferraz, R. R., V. Santos, S. Visión, V. Guerreiro, F. Carditos, P. Frade, F. Tempera y R. S. Santos. 2004. Caracterização ecológica e sócio-económica do sítio de importancia comunitária Costa Nordeste e Ponta do Topo (PT-JOR0013) e medidas de gestão propostas. *Arquivos do DOP (Série Estudos)* 20/2004: iv + 57 pp. Departamento de Oceanografia e Pescas, Universidade dos Açores. PT 9901-862 Horta, Açores, Portugal.
- Hansen, H. J. 1905. Revision of the European forms of the Cirolaninae, a subfamily of Crustacea, Isopoda. *J. Linn. Soc. Zool.* 29: 337-373.
- Hansson, H. G. 1998. NEAT (North East Atlantic Taxa): South Scandinavian marine Crustacea check-list. Internet pdf. Aug. 1998. <http://www.tmbi.gu.se>
- Holdich, D. M. 1970. The distribution and habitat preferences of the afro-european species of *Dynamene* (Crustacea: Isopoda). *J. Nat. Hist. (London)* 4: 419-438.
- Holthuis, L. B. 1949. *Zonophryxus dodecapus* nov. spec., a remarkable species of the family Dajidae (Crustacea, Isopoda) from the Canary Islands. *Proceedings of the Koninklijke Nedelandse Akademie van Wetenschappen* 52 (3): 1-8.
- Jacobs, B. J. M. 1987. A taxonomic revision of the European, Mediterranean and NW African species generally placed in *Sphaeroma* Bosc, 1802 (Isopoda: Flabellifera: Sphaeromatidae). *Zool. Verh.* 238: 1-71.
- Junoy, J. y J. Castelló. 2003. Catálogo de las especies ibéricas y baleares de isópodos marinos (Crustacea: Isopoda). En: *Investigaciones sobre el bentos marino: IX Simposio ibérico de estudios del bentos marino* (19-23 de febrero, 1996. Alcalá de Henares, Madrid, España). J. M. Viéitez y J. Junoy (eds.). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 19 (1-4): 293-325.
- Kensley, B. 1978. A new genus and species of anthurid isopod from deep water off the east coast of the United States. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 91 (20): 558-562.
- Knight-Jones, E. W. y P. Knight-Jones. 2002. Four new species of *Eisothistos* (Anthuridea: Isopoda) from tubes of Spirorbidae (Serpuloidea: Polychaeta). *J. Nat. Hist.* 36: 1397-1419.
- Koehler, R. 1911a. Arcturidés nouveaux provenant des campagnes de la "Princesse Alice", ou appartenant au Musée océanographique de Monaco. *Bull. Inst. Oceanogr. (Monaco)* 214: 1-65.
- Koehler, R. 1911b. Isopodes nouveaux de la famille des Dajidés provenant des campagnes de la "Princesse-Alice". *Bulletin de l'Institut Océanographique* 196: 1-34.
- Koelbel, C. 1892. Beiträge zur Kenntnis der Crustaceen der Canarischen Inseln. *Annl. Naturh. Mus. Wien* VII 3: 105-116; lám. X.
- Lemercier, A. 1960. La super-espèce *Jaera nordmanni* (Rathke) (Isopodes Asellotes, Janiridae). *Crustaceana* 1: 9-27.
- Lemercier, A. 1968. Isopoda Asellota: Janiridae from the Azores. *Bol. Mus. Munic. Funchal* 23 (99) : 30-31.
- Menzies, R. 1962. The isopods of abyssal depths in the Atlantic Ocean. *Vema Research Series* 1: 79-206.
- Monod, T. 1926. Les Gnathiidae. Essai monographique (morphologie, biologie, systematique). *Mem. Soc. Sci. Nat. Maroc* 12: 1-667.
- Monod, T. 1931. Tanaidacés et Isopodes aquatiques de l'Afrique occidentale et septentrionale. 3ème partie. Sphaeromatidae. *Mem. Soc. Sci. Nat. Maroc* 29: 7-91.
- Moore, W. y R. C. Brusca. 2003. A monograph on the isopod genus *Colopisthus* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae) with the description of a new genus. *J. Nat. Hist.* 37: 1329-1399.
- Müller, H. G. 1988. A new species of *Joeropsis* Koehler, 1885 from the Cap Verde Islands (Isopoda: Asellota: Joeropsidae). *CFS-Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 105: 173-177.
- Müller, H. G. 1994. *World catalogue of the Anthuridean Isopods*. Wissenschaftlicher Verlag - H. G. Müller. Wetzlar, Alemania: 184 pp.
- Naylor, E. 1972. *British Marine Isopods* (Synopsis of the British Fauna. New Series) 3: 90 pp. The Linnean Society of London. Academic Press. Londres.
- Negoescu, I. 2004. A new interstitial *Amakusanthura* species (Crustacea: Isopoda: Anthuridea) from eastern Atlantic (Tenerife, Canary Islands). *Trav. Mus. Hist. Nat. "Grigore Antipa"* 46: 15-24.
- Negoescu, I. y J. W. Wägele. 1984. World list of the Anthuridean Isopods (Crustacea: Isopoda: Anthuridea). *Trav. Mus. Hist. Nat. "Grigore Antipa"* 25: 99-146.
- Nierstrasz, H. F. 1918. Alte und neue Isopoden. *Zool. Meded. (Leiden)* 4 (2): 103-142.
- Reboreda, P. 1995. *Isópodos litorales de la Ría de Ferrol (Galicia) NW de la P. Ibérica*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela (A Coruña), España: 575 pp.
- Richardson, H. 1911. Les crustacés isopodes du Travailleur et du Talisman; formes nouvelles. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.* 17: 518-534.
- Sars, G. O. 1885. Report on the Schizopoda collected by H. M. S. *Challenger* during the years 1873-1876. *Report on the Scientific Results of the Voyage H. M. S. Challenger 1873-1876* (Zool.) 13 (37): 1-228.
- Schioedte, J. C. y F. W. S. Meinert. 1883. Symbolae ad Monographiam Cymothoarum Crustaceorum Isopodum. Familiae 3, Saophridae; 4, Ceratothoinae. *Naturhistorisk Tidsskrift* 3 (13): 281-378.
- Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Washington. World list of Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans. 2007 <http://www.nmnh.si.edu/iz/isopod>
- Stebbing, T. R. R. 1900. Sout African Crustacea. *Marine Investigations in South Africa, Cape of Good Hope* I (1902): 14-67; lám. 1-4.
- Stock, J. H. y R. Vonk. 1990. Stygofauna of the Canary Islands, 15. Marine interstitial Isopoda Asellota of the superfamily Gnathostenetroidea. *Cah. Biol. Mar.* 31 (1): 5-24.
- Stock, J. H. y R. Vonk. 1992. Marine interstitial Amphipoda and Isopoda (Crustacea) from Santiago, Cape Verde Islands. *Bijdr. Dierk.* 62 (1): 21-36.



- Tattersall, W. M. 1905. The marine fauna of the coast of Ireland. Part 5. Isopoda. *Scientific Investigations for 1904. Fisheries Branch (Ireland)* 2: 1-90.
- Tattersall, W.M. 1909. Amphipoda and Isopoda, with descriptions of two new species. En: *Scientific and biological researches in the North Atlantic, conducted by the author on his yachts, "The Walwin" and "The Silver Belle" by Norris Wolfenden* (Memoirs of the Challenger Society) 1: 210-219.
- Thorsen, D. H., K. J. Mille, J. L. Van Tassel y J. G. Hajagos. 2000. Infestation of the parrotfish *Sparisoma cretense* (Scaridae) by the fish louse *Anilocra physodes* (Isopoda : Cymothoidae) in the Canary Islands. *Cybium* 24 (1): 45-59.
- Thorsen, D. H. y J. P. Trilles. 2002. The occurrence of *Anilocra capensis* and *Nerocila armata* (Isopoda: Cymothoidae) in the Canary Islands with comments on their novel hosts. *Bulletin of marine science* 70 (1): 227-231.
- Trilles, J. P. 1977. Les Cymothoidae (Crustacea, Isopoda) du Rijksmuseum van Natuurlijke Historie, Leiden. Méditerranée et Atlantique. *Zool. Meded. (Leiden)* 52 (2): 7-17.
- Trilles, J. P. 1979. Les Cymothoidae (Isopoda, Flabellifera; parasites de poissons) du Rijksmuseum van Natuurlijke Historie de Leiden. II. Afrique, Amérique et Régions Indo-ouest-Pacifiques. *Zool. Meded. (Leiden)* 54 (17): 245-275.
- Trilles, J. P. 1991. Les Cymothoidae (Crustacea, Isopoda) du monde. Prodrôme pour une faune. *Studia Marina* 21/22 (1-2): 5-288.
- Vandel, A. 1960. *Isopodes terrestres. Première partie* (Faune de France) 64: 1-146. Lechevalier. Paris.
- Vanhöffen, E. 1914. Die Isopoden der Deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. *Deutsche Südpolar Expedition 1901-1903* 25 (Zoologie) 7: 447-598.
- Veuille, M. 1976. Systematique et affinités continentales des *Jaera* (Isopodes, Asellotes) de l'île de Flores (Açores). *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. (Ser. 3)* 415 (Zool.) 292: 1327-1338.
- Veuille, M. 1979. L'évolution du genre *Jaera* Leach (Isopodes ; Asellotes) et ses rapports avec l'histoire de la Méditerranée. *Bijdr. Dierk.* 49 : 195-218.
- Vonk, R. y H. P. Wagner. 1992. *Microcerberus insularis* n. sp. (Crustacea, Isopoda, Aselloidea), a marine interstitial species from Tenerife. Stygofauna of the Canary Islands, 24. *Bull. Zool. Mus.* 13 (9): 85-92.
- Wägele, J. W. 1985. On the Tethyan origin of the stygobiont Anthuridea *Curassanthura* and *Cyathura* (*Stygocyathura*), with description of *Curassanthura canariensis* n. sp. from Lanzarote (Crustacea, Isopoda). *Stygologia* 1 (3): 259-270.
- Wägele, J. W. 1987. *Neohyssura atlantica* n.sp. from the Cape Verde Islands (Crustacea: Isopoda: Anthuridea). *Bulletin Zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam* 11 (2): 13-19.
- Wilson, G. D. F. 1983. An unusual species complex in the genus *Eurycope* (Crustacea: Isopoda: Asellota) from the deep north Atlantic Ocean. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 96 (3): 452-467.
- Wilson, G. D. F. y D. Thistle. 1985. *Amuletta*, a new genus for *Ilyarachna abyssorum* Richardson, 1911 (Isopoda: Asellota: Eurycopidae). *J. Crustacean Biol.* 5 (2): 350-360.
- Wolff, T. 1962. The systematics and biology of bathyal and abyssal Isopoda Asellota. *Galathea Report* 6: 1-320.



# Estudio comparado del crecimiento del alfonsiño *Beryx splendens* Lowe, 1834 de las montañas submarinas del golfo de Guinea y del océano Índico suroccidental

L. J. López Abellán<sup>1</sup>, M. T. G. Santamaría<sup>1</sup> y E. Román<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Oceanográfico de Canarias. Instituto Español de Oceanografía. Avda. Tres de Mayo, 73. E-38005 Santa Cruz de Tenerife, España. Correos electrónicos: luis.lopez@ca.ieo.es; teresa.garcia@ca.ieo.es

<sup>2</sup> Centro Oceanográfico de Vigo. Instituto Español de Oceanografía. Cabo Estay-Canido. E-36200 Vigo (Pontevedra), España. Correo electrónico: esther.roman@vi.ieo.es

Recibido en abril de 2006. Aceptado en junio de 2007.

## RESUMEN

El alfonsiño *Beryx splendens* Lowe, 1834 es una especie distintiva de elevaciones y prominencias de los fondos oceánicos ampliamente estudiada en las zonas donde se distribuye, aunque la caracterización de sus poblaciones carece de análisis comparativos detallados relativos a muchos aspectos importantes de su biología. Se estudian aquí la edad y el crecimiento del alfonsiño de las montañas submarinas del golfo de Guinea a partir de la lectura de otolitos enteros. Las edades de los individuos analizados estaban comprendidas entre 1 y 21 años y sus tallas entre 14,1 y 46,4 cm de longitud a la furca. Los parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy, obtenidos a partir de pares de valores de talla-edad, fueron, por sexos,  $L_{\infty} = 42,9$  cm,  $K = 0,135$  por año y  $t_0 = -2,11$  años para machos y  $L_{\infty} = 52,6$  cm,  $K = 0,077$  por año y  $t_0 = -3,82$  años para hembras; para ambos sexos en conjunto fueron  $L_{\infty} = 48,0$  cm,  $K = 0,097$  por año y  $t_0 = -3,09$  años. Aunque en uno de los test realizados se observaron diferencias significativas de crecimiento entre machos y hembras, no se ha podido concluir la existencia de diferencias reales entre los patrones de un sexo y otro. Una perspectiva nueva en el estudio del crecimiento de la especie ha permitido la comparación entre patrones de poblaciones de océanos distintos, y concluir que los parámetros de crecimiento del alfonsiño del golfo de Guinea difieren significativamente de los del océano Índico, señalándose los factores probablemente responsables de estas diferencias.

**Palabras clave:** *Beryx splendens*, alfonsiño, crecimiento, edad, golfo de Guinea, océano Índico.

## ABSTRACT

**Comparative growth study of the alfonsino *Beryx splendens* Lowe, 1834 in the Gulf of Guinea and Southwest Indian Ocean seamounts**

The alfonsino *Beryx splendens* Lowe, 1834 is a species typical of elevations and promontories of the ocean bottom, which has been widely studied in its distribution areas, although characterization of its populations lacks detailed comparative analyses regarding many important aspects of its biology. The present paper studies age and growth of alfonsino from the Gulf of Guinea seamounts, based on whole otolith readings. Ages of the fish studied ranged from 1 to 21 years (14.1-46.4 cm fork length). The Von Bertalanffy growth parameters for males were  $L_{\infty} = 42.9$  cm,  $K = 0.135$  per year, and  $t_0 = -2.11$  years, and for females,  $L_{\infty} = 52.6$  cm,  $K = 0.077$  per year and  $t_0 = -3.82$  years. For both sexes combined, the Von Bertalanffy growth parameters were  $L_{\infty} = 48.0$  cm,  $K = 0.097$  per year, and  $t_0 = -3.09$  years. Statistical differences in growth between males and females were found in one of the tests applied, although it is inconclusive whether

there are effective differences in the growth pattern between sexes. A new perspective regarding the study of this species's growth has made it possible to compare population patterns in different oceans, and to conclude that the the growth parameters of the alfonsino from the Gulf of Guinea seamounts differed significantly from those of the Indian Ocean. Several factors are indicated that are probably responsible for these differences.

**Keywords:** *Beryx splendens*, alfonsino, growth, age, Gulf of Guinea, Indian Ocean.

## INTRODUCCIÓN

El alfonsiño *Beryx splendens* Lowe, 1834 es una especie bentónico-pelágica de distribución global en su franja de latitud que habita en la plataforma exterior y en el talud, entre 25 y 1 300 m de profundidad, y está considerada como una especie representativa de montañas submarinas y dorsales oceánicas. Sin embargo, su área de distribución geográfica no incluye el océano Pacífico noreste ni el mar Mediterráneo (Paxton, 1999).

Se trata de una especie ampliamente estudiada en toda su área de distribución, tanto desde el punto de vista del interés comercial (Galaktionov, 1984; Humphreys, Tagami y Seki, 1984; Seki y Tagami, 1986; Sherstyukov y Nostov, 1986; Ivanin, 1987; Isidro, 1996; Lehodey, Grandperrin y Marchal, 1997; Vinnichenko, 1997, 1998; Kakora, 2005), como del conocimiento de aspectos concretos de su biología, como el crecimiento en el océano Atlántico (De León y Malkov, 1979; Isarev, 1991; Isidro, 1996; Krug *et al.*, 1998; Anibal *et al.*, 1998; Rico *et al.*, 2001), en el Pacífico (Ikenouye y Masuzawa, 1968; Ikenouye, 1969; Masuzawa, Kurata y Onishi, 1975; Shibata, 1983; Massey y Horn, 1990; Lehodey y Grandperrin, 1996a; Adachi *et al.*, 2000) y en el Índico (Kotlyar, 1987). Sin embargo, los estudios comparados del crecimiento de esta especie circunscritos, además, a poblaciones localizadas en montañas submarinas relativamente distantes entre sí son escasos.

En este trabajo se describe por primera vez el crecimiento del alfonsiño que habita en las montañas submarinas del golfo de Guinea a partir de la interpretación de otolitos (*sagittae*) enteros de individuos capturados en el transcurso de diversas pescas de arrastre experimentales efectuadas en la región, y se comparan los resultados con los obtenidos para la especie en aguas del océano Índico suroccidental (Santamaría, López Abellán y González, 2006). Se introduce un nuevo enfoque en el estudio del crecimiento de esta especie a través del cual se analizan comparativamente poblaciones localizadas en océanos distintos. Así mismo, se consi-

deran los factores que pueden contribuir a la diferenciación en el patrón de crecimiento entre poblaciones de esta especie.

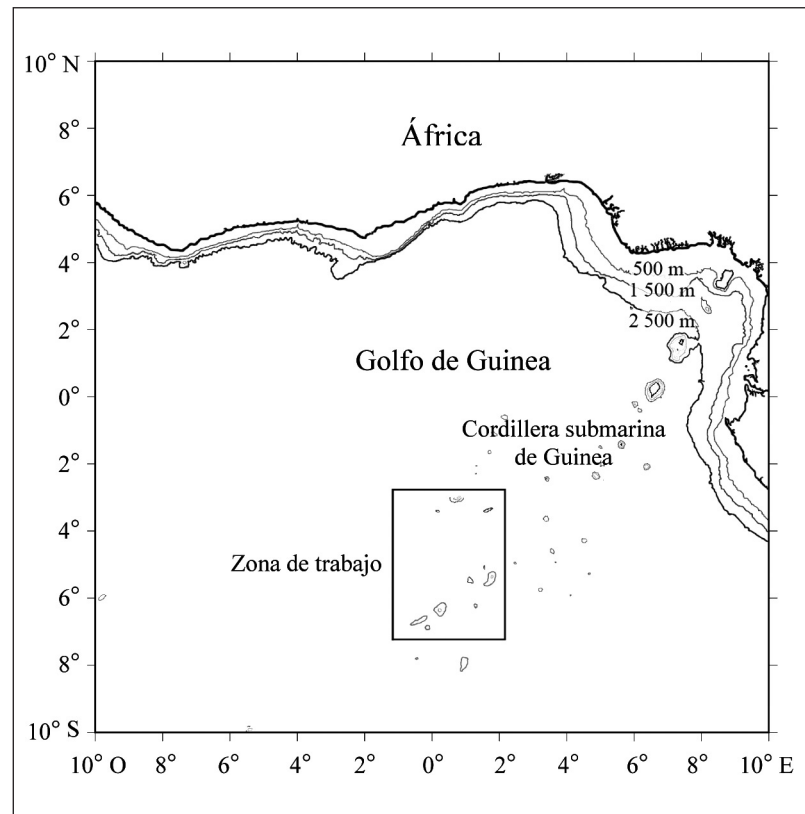
## MATERIAL Y MÉTODOS

Los ejemplares de *B. splendens* fueron capturados en 36 lances de pesca efectuados en la cadena de montañas submarinas del golfo de Guinea (figura 1) en septiembre-octubre de 1998, a profundidades comprendidas entre 200 y 1 000 metros y utilizando un arte de arrastre de fondo.

El total de 4 036 ejemplares fueron medidos a la furca (LF en mm) y pesados (g) para la obtención de la relación talla-peso. De entre ellos, se seleccionaron individuos de manera sistemática procurando completar el máximo de 25 por cada centímetro de LF, separando así 276 ejemplares de los que se determinó el sexo: 133 eran machos con tallas LF entre 14,1 y 42,3 cm y 143 resultaron hembras comprendidas entre 14,9 y 46,4 cm LF. Posteriormente se extrajeron sus otolitos, que fueron guardados sin tratamiento previo en sobres para la ulterior determinación de la edad.

Las edades fueron estimadas a partir de otolitos enteros (figura 2) sumergidos en agua, utilizando un microscopio estereoscópico con luz reflejada y aumento 10×. Cada otolito fue interpretado por tres lectores independientes, sin conocimiento de las longitudes de los individuos. La ausencia de muestras mensuales impidió el seguimiento de la evolución de los anillos del margen. Sin embargo, considerando el trabajo de De León y Malkov (1979) y la constatación de la periodicidad en la formación de los anillos de crecimiento para esta especie en el océano Atlántico (Kotlyar, 1987; Isidro, 1996; Rico *et al.*, 2001) y en el Pacífico (Massey y Horn, 1990; Lehodey y Grandperrin, 1996a; Adachi *et al.*, 2000), se consideró que los anillos eran anuales, y que un anillo hialino y uno opaco constituían la zona de crecimiento anual. El patrón de interpretación fue el adoptado por

Figura 1. Zona de procedencia de los ejemplares analizados. Pescas experimentales realizadas en septiembre-octubre de 1998.



Santamaría, López Abellán y González (2006) y como fecha de nacimiento se consideró el 1 de agosto (Massey y Horn, 1990; Adachi *et al.*, 2000). Las lecturas de cada otolito se aceptaron si existía acuerdo en al menos dos lectores y (o) dependiendo de la seguridad de las lecturas: establecidos cuatro estadios (muy seguro, seguro, no seguro y nada seguro), la validez se admitía solamente en los dos primeros.

La relación talla-edad se determinó a través de las correspondientes claves para machos, hembras y la totalidad de individuos, fijando intervalos de un centímetro y agrupando al centímetro inferior. La talla media y la desviación típica por clases de edad fueron estimadas considerando el punto medio de cada intervalo de tallas.

Para comparar entre sexos las relaciones talla-media-edad en el alfonsiño del golfo de Guinea, y también las de todos los ejemplares del Índico suroccidental con las del golfo de Guinea, se utilizó un análisis de covarianza (ancova) (Zar, 1984) a partir de la transformación lineal de la relación entre la talla LF y la edad ( $\ln(\text{edad})$ ). Este mismo proceso se empleó en la comparación de las relaciones talla-peso de machos y hembras del golfo de Guinea.

Los parámetros de crecimiento para machos, hembras y todos los individuos se estimaron ajustando los pares de valores talla-edad por medio de una regresión no lineal a la ecuación de Von Bertalanffy

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

(Von Bertalanffy, 1957), utilizando el algoritmo Levenberg-Marquardt (SPSS, 2005). Las diferencias entre los parámetros de crecimiento para ambos sexos y entre regiones fueron analizadas con el estadístico  $T^2$  de Hotelling (Cerrato, 1990; Quinn y Deriso, 1999) para matrices de varianza-covarianza diferentes.

Así mismo, se calculó el índice de rendimiento del crecimiento

$$\phi' = 2 \log_{10} L_\infty + \log_{10} K$$

(Munro y Pauly, 1983) a partir de los parámetros de crecimiento del alfonsiño obtenidos en el golfo de Guinea (presente trabajo) y en otras zonas. La relación fue utilizada para comparar gráficamente los datos de crecimiento del alfonsiño de distintas áreas geográficas.

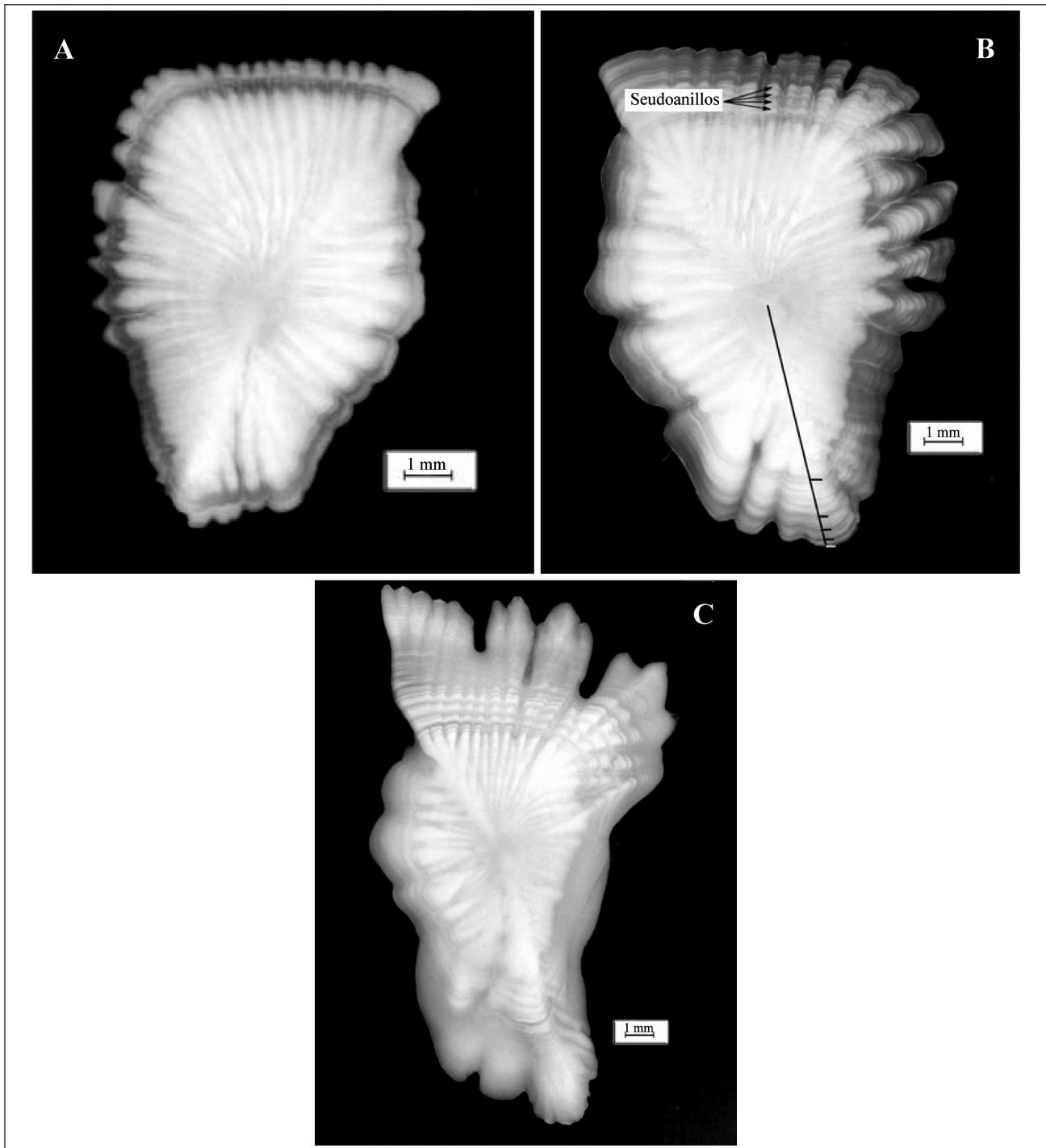


Figura 2. Otolitos de *Beryx splendens* Lowe, 1834 del golfo de Guinea. (A): 2 años de edad. (B): 5 años; se aprecian varios pseudoanillos en el segundo año. (C): otolito con ramificaciones típicas de los ejemplares de mayor edad. Fecha de nacimiento: 1 de agosto (Massey and Horn, 1990; Adachi *et al.*, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Relación talla-peso

Los parámetros que definen la relación entre LF y el peso individual de los ejemplares se pre-

sentan en la tabla I. El análisis de los datos por sexos y la comparación estadística de sus resultados (ancova) permiten concluir que no existen diferencias significativas entre ambos ajustes, con las curvas respectivas muy similares entre sí ( $\alpha = 0,05$ ;  $p = 0,396$ ), por lo que se ofrece únicamente la re-

Tabla I. Características de la relación entre la longitud a la furca y el peso para la totalidad de ejemplares estudiados de *B. splendens* del golfo de Guinea. (n): número de ejemplares; (a): punto de corte; (b): pendiente; ( $r^2$ ): coeficiente de determinación.

Caracterización talla-peso				
Sexo	n	a	b	$r^2$
Machos	2 292	0,0187	3,0716	0,98
Hembras	1 730	0,0230	3,0040	0,99
Total	4 036	0,0209	3,0353	0,98

presentación gráfica para el total de ejemplares (figura 3).

### Determinación de la edad

Al igual que ocurrió con los otolitos de alfonsiño procedente del Índico suroccidental (Santamaría, López Abellán y González, 2006), las muestras más pequeñas son fácilmente interpretables por la presencia de zonas de crecimiento claramente distinguibles (figura 2A). Sin embargo, estas estructuras suelen presentar falsos anillos, como se aprecia en la figura 2B, y a partir del octavo de ellos surgen ramificaciones en los bordes (figura 2C) que añaden complejidad al proceso de asignación de la edad. A pesar de ello, la coincidencia en dos de los tres lectores fue del 61 %, y solo fue excluido del análisis el 2 % de las muestras (y, en proporción, seis ejemplares). La práctica totalidad de los otolitos observados (98 %) exhibían el borde opaco, circunstancia que se ajusta al patrón de interpretación utilizado en el presente trabajo, es decir, está en concordancia con la fecha de nacimiento 1 de agosto establecida. En teoría, si la fecha asumida

hubiera sido 1 de enero, como probablemente ha sido el caso del alfonsiño que se distribuye en aguas de Madeira y Azores (Rico *et al.*, 2001), la mayor parte de los otolitos deberían haber presentado bordes hialinos siguiendo el patrón de construcción de los anillos de crecimiento, formaciones que las muestras del presente estudio no exhibían.

### Clave talla-edad

La tabla II presenta la clave talla-edad para todos los individuos, e incluye el número de ejemplares analizados y la talla media y su desviación típica por clases de edad. Las edades oscilaron en el rango 1-21 años, con ausencia de ejemplares de clase de edad 19 y de juveniles (clase 0 de edad). Este último hecho puede ser atribuido al comportamiento bentónico-pelágico de esta especie, que habita en ambientes pelágicos durante las primeras etapas de su vida, antes de adquirir un comportamiento de relación más intensa con el fondo, como describen Lehodey y Grandperrin (1996a).

El análisis ancova con el que se compararon las relaciones talla media-clase de edad obtenidas a partir de las claves talla-edad de machos y hembras, puso de manifiesto que las diferencias entre los pares de valores de ambos sexos no son significativas al nivel 5 % ( $p = 0,0826$ ). Así, se decidió presentar y utilizar únicamente la clave correspondiente al total de ejemplares analizados.

En relación con las poblaciones de *B. splendens* ocupantes de otras áreas geográficas, se observa que los valores de tallas medias por clases de edad presentados por diferentes autores pueden ser superiores, similares o inferiores a los del presente estudio.

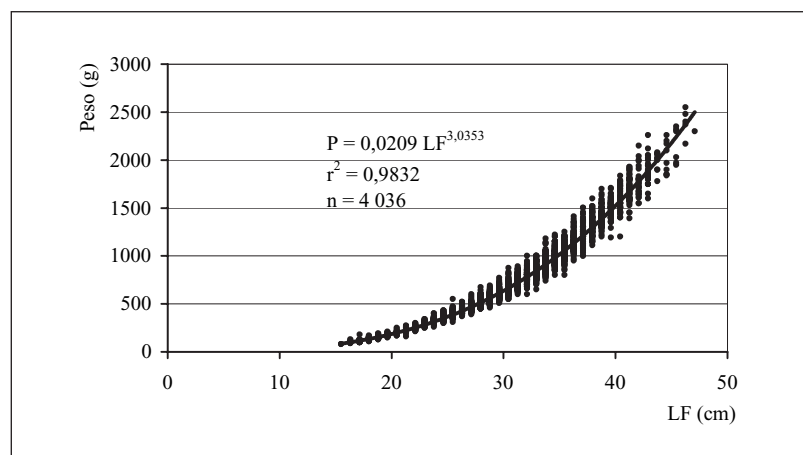


Figura 3. Relación talla a la furca (LF)-peso (P) del total de ejemplares de *Beryx splendens* del golfo de Guinea.

Tabla II. Clave talla-edad de *B. splendens* para el total de individuos analizados del golfo de Guinea.

Tallas LF (cm)	Distribución de ejemplares																					Total
	Clases de edad (años)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
14	5	2																				7
15	4	2																				6
16	1	6																				7
17		8																				8
18	1	9																				10
19		12	1																			13
20		1																				1
21		1	4	4																		9
22			2																			2
23		1	3	3																		7
24			2	5	3	2																12
25			3		2	1		1														7
26				1	6	2	1	1														11
27					4	3	2	1														10
28					1	6	3	3														13
29					5	5	4	7	1													22
30							7	2	1	2												12
31			1			2		3	1													7
32						1	1	2	4	2	1											11
33						1			3		2		1									7
34							1	4	7	4	3	3			1							23
35										3	1	1	1	2	1							9
36											1	3	3									7
37									1	1	1	1	1	1								6
38									1	1	1	2		1	2							8
39									1	1	1	3	2	1	2	1						12
40												2	2	2		1						6
41														1	1	2			1			5
42															1		1		1		1	4
43																		1			1	2
44																		2		2		4
45																		1				1
46																					1	1
n	11	42	15	14	21	23	19	24	20	14	11	15	9	8	9	2	1	7		4	1	270
Talla media (cm)	15,4	18,2	23,1	24,1	27,1	28,6	29,8	30,4	34,0	34,7	35,5	37,5	37,4	38,6	39,1	40,0	42,5	43,2		44,5	43,5	
DT	1,2	1,8	1,8	2,6	1,7	2,3	1,8	2,5	2,4	2,7	2,2	2,2	2,4	2,3	2,7	0,7		1,8		1,6		

dio según los casos, pues no existe homogeneidad entre ellos (Santamaría, López Abellán y González, 2006). Comparados los valores de los ejemplares procedentes del golfo de Guinea con los del sur de Madagascar (océano Índico), éstos últimos fueron siempre superiores en los rangos de edades comunes (tabla III). El análisis comparativo ancova entre las relaciones talla-edad del total de ejemplares de ambas regiones muestra que las diferencias de los patrones de crecimiento son extremadamente significativas ( $p < 0,0001$ ) respecto a la altura en ordenadas de los ajustes lineales de los pares de valores.

### Parámetros de crecimiento

Los parámetros que definen el crecimiento en el alfonsiño del golfo de Guinea se presentan en la tabla IV. La constante de crecimiento estuvo entre 0,077 y 0,135, con una LF asintótica entre 42,9 cm y 52,6 cm. Estos valores se encuentran dentro del rango obtenido por otros autores para el alfonsiño de diferentes áreas geográficas (tabla V).

El análisis comparativo de los parámetros de crecimiento (mediante el estadístico  $T^2$  de Hotelling) entre machos y hembras de alfonsiño del golfo de



Tabla III. Talla media (TM), desviación típica (DT) y número de ejemplares (n) por clases de edad procedentes de las claves talla-edad para el total de individuos estudiados de *B. splendens* del golfo de Guinea y el océano Índico.

Clase de edad	Distribución zonal de tallas por edades											
	Golfo de Guinea									Océano Índico		
	Machos			Hembras			Total			Total		
	TM (cm)	DT (cm)	n (indiv)	TM (cm)	DT (cm)	n (indiv)	TM (cm)	DT (cm)	n (indiv)	TM (cm)	DT (cm)	n (indiv)
1	15,3	0,96	4	15,5	1,41	7	15,4	1,22	11	19,7	1,54	40
2	17,8	1,87	20	18,6	1,63	22	18,2	1,77	42	22,3	1,90	61
3	23,1	1,14	5	23,1	2,12	10	23,1	1,80	15	25,5	1,95	31
4	23,8	1,49	10	24,8	4,72	4	24,1	2,62	14	26,6	0,77	14
5	26,8	1,80	15	27,8	1,37	6	27,1	1,72	21	29,2	2,06	7
6	28,7	2,01	15	28,4	2,90	8	28,6	2,29	23	31,6	1,68	7
7	30,3	1,69	10	29,2	1,87	9	29,8	1,82	19	34,3	2,14	6
8	31,3	2,57	10	29,8	2,33	14	30,4	2,50	24	34,8	4,55	6
9	34,6	2,81	11	33,2	1,73	9	34,0	2,44	20	36,2	2,83	10
10	33,3	2,22	4	35,3	2,70	10	34,7	2,67	14	37,3	2,59	5
11	34,5	1,87	5	36,3	2,32	6	35,5	2,24	11	40,0	3,54	2
12	37,0	2,51	6	37,8	2,00	9	37,5	2,17	15	42,0	1,73	4
13	35,8	2,08	3	38,2	2,34	6	37,4	2,42	9			
14	38,3	2,77	5	39,2	1,53	3	38,6	2,30	8	41,0	0,71	2
15	39,3	3,11	5	38,8	2,50	4	39,1	2,70	9			
16	39,5		1	40,5		1	40,0	0,71	2			
17				42,5		1	42,5	0,00	1			
18	40,5		1	43,7	1,47	6	43,2	1,80	7			
19												
20				44,5	1,63	4	44,5	1,63	4			
21				43,5		1	43,5	0,00	1			

Guinea muestra que existen diferencias significativas entre ambos, pues

$$T_{0,05 < p < 0,025}^2 = 8,875 > \chi_{0,05;3}^2 = 7,815$$

Este resultado, en el que la probabilidad se sitúa próxima al valor de  $\alpha = 0,05$ , plantea reparos serios respecto a la posibilidad de concluir que existan diferencias reales entre los patrones de crecimiento de machos y hembras. Ya en el análisis de covarianza de la relación talla media-clase de edad se observó que la probabilidad se situaba muy próxima al nivel de significación utilizado (5 %), aunque

en ese caso lo superaba. El solapamiento de las trayectorias de las dos curvas de crecimiento entre 18 y 38 cm LF y la divergencia en los extremos –de forma un tanto anómala– de la curva de machos, inducen a pensar que las características de la muestra, en concreto la escasez de machos de edades mayores, sea la causa de las diferencias entre ajustes; por otro lado, la gran similitud entre ambos sexos en la relación talla-peso respaldaría esta percepción.

En la tabla V se presentan los valores de los índices de rendimiento del crecimiento ( $\phi'$ ) del alfonso distribuido en diferentes áreas geográficas. Sin

Tabla IV. Parámetros de crecimiento de *B. splendens* del golfo de Guinea estimados en el presente trabajo (error estándar entre paréntesis), con indicación del rango de tallas absoluto (longitud a la furca, LF) y el número de ejemplares analizados (n). ( $L_\infty$ ): longitud asintótica; (K): constante de crecimiento; ( $t_0$ ): edad teórica del pez a la longitud 0 cm; ( $r^2$ ): coeficiente de determinación.

Parámetros de crecimiento							
Datos de base	Sexos y total	Rango LF (cm)	n	$L_\infty$ (cm)	K (año <sup>-1</sup> )	$t_0$	$r^2$
Pares de valores talla-edad	Machos	14,1-42,3	130	42,9 (1,4)	0,135 (0,015)	-2,11 (0,34)	0,92
	Hembras	14,9-46,4	140	52,6 (2,6)	0,077 (0,009)	-3,82 (0,45)	0,93
	Machos y hembras	14,1-46,4	270	48,8 (1,5)	0,094 (0,008)	-3,18 (0,3)	0,92

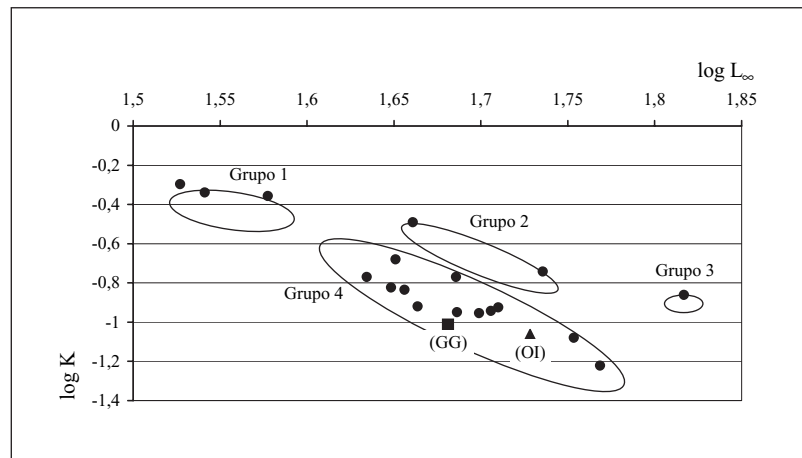
Tabla V. Parámetros y rendimiento del crecimiento de *B. splendens* de diferentes áreas. ( $L_{\infty}$ ): longitud asintótica; (K): constante de crecimiento; ( $t_0$ ): edad teórica del pez a la longitud 0 cm; ( $\phi'$ ): índice de rendimiento del crecimiento. (\*): retrocálculo; (\*\*): multifan. (Actualizada de Santamaría, López Abellán y González, 2006.)

Caracterización zonal del crecimiento								
Océano	Área	Sexo	$L_{\infty}$	K	$t_0$	$\phi'$	Referencia bibliográfica	
Atlántico	New Year Rise	Machos y hembras	44,8	0,209	-0,89	2,62	De León y Malkov, 1979	
	Angular Rise	Machos y hembras	48,5	0,170	-2,63	2,60	De León y Malkov, 1979	
	Vavilov Ridge	Machos y hembras	48,6	0,112	-2,63	2,42	Isarev, 1991	
	Azores	Machos y hembras	56,7	0,083	-3,51	2,43	Isidro, 1996	
	Azores	Machos y hembras	50,0	0,111	-2,81	2,44	*	
	Azores	Machos y hembras	50,8	0,114	-3,58	2,47	Krug <i>et al.</i> , 1998	
	Azores	Machos y hembras	45,3	0,146	-3,61	2,48	**	
	Azores	Machos	53,7	0,085	-4,02	2,39	Anibal <i>et al.</i> , 1998	
	Azores	Hembras	45,3	0,133	-2,74	2,44	Anibal <i>et al.</i> , 1998	
	Azores	Machos y hembras	46,1	0,120	-3,18	2,41	Anibal <i>et al.</i> , 1998	
	Azores	Machos y hembras	43,1	0,170	-2,80	2,50	Rico <i>et al.</i> , 2001	
	Madeira	Machos y hembras	58,7	0,060	-5,71	2,32	Rico <i>et al.</i> , 2001	
	Islas Canarias	Machos y hembras	44,5	0,150	-3,41	2,47	Rico <i>et al.</i> , 2001	
	Golfo de Guinea	Machos	42,1	0,142	-1,98	2,40	Presente trabajo	
	Golfo de Guinea	Hembras	52,6	0,077	-3,82	2,33	Presente trabajo	
	Golfo de Guinea	Machos y hembras	48,0	0,097	-3,09	2,35	Presente trabajo	
Pacífico	Japón (Sagami Bay)	Machos y hembras	33,7	0,505	-	2,76	Ikenouye y Masuzawa, 1968	
	Japón (Sagami Bay)	Machos y hembras	34,8	0,457	-	2,74	Ikenouye y Masuzawa, 1968	
	Japón (Sagami Bay)	Machos y hembras	37,8	0,439	-0,40	2,80	Ikenouye, 1969	
	Japón (Sagami Bay)	Machos y hembras	45,8	0,323	-0,22	2,83	Masuzawa, Kurata y Onishi, 1975	
	Japón (Zunan Sea)	Machos y hembras	54,4	0,181	-0,08	2,73	Masuzawa, Kurata y Onishi, 1975	
	Japón (Chiba)	Machos y hembras	65,6	0,137	-1,05	2,77	Shibata, 1983	
	Japón (Izu Islands)	Machos	44,4	0,132	-3,45	2,42	Adachi <i>et al.</i> , 2000	
	Japón (Izu Islands)	Hembras	45,0	0,150	-2,08	2,48	Adachi <i>et al.</i> , 2000	
	Nueva Zelanda (Palliser Bank)	Machos	51,1	0,110	-3,56	2,46	Massey y Horn, 1990	
	Nueva Zelanda (Palliser Bank)	Machos	49,6	0,116	-3,67	2,46	*	
	Nueva Zelanda (Palliser Bank)	Hembras	57,5	0,088	-4,10	2,46	Massey y Horn, 1990	
	Nueva Zelanda (Palliser Bank)	Hembras	57,9	0,087	-4,17	2,46	*	
	Nueva Zelanda (Tuaheni High)	Machos	54,9	0,093	-4,30	2,45	Massey y Horn, 1990	
	Nueva Zelanda (Tuaheni High)	Hembras	76,3	0,042	-8,25	2,39	Massey y Horn, 1990	
	Nueva Zelanda (Paoanui Ridge)	Machos	49,1	0,144	-1,81	2,54	Massey y Horn, 1990	
	Nueva Caledonia (Norfolk-Loyalty)	Machos	45,2	0,146	-2,34	2,47	Lehodey y Grandperrin, 1996a	
	Nueva Caledonia (Norfolk-Loyalty)	Hembras	50,8	0,134	-2,00	2,54	Lehodey y Grandperrin, 1996a	
	Nueva Caledonia (Norfolk-Loyalty)	Machos y hembras	51,3	0,119	-2,51	2,50	Lehodey y Grandperrin, 1996a	
	Índico	Madagascar	Machos	49,1	0,099	-4,11	2,38	Santamaría, López Abellán y González, 2006
		Madagascar	Hembras	57,1	0,081	-4,16	2,42	Santamaría, López Abellán y González, 2006
Madagascar		Machos y hembras	53,5	0,085	-4,33	2,39	Santamaría, López Abellán y González, 2006	

embargo, teniendo en cuenta que el rango de valores es muy estrecho (2,32-2,83), y con el fin de analizar similitudes o diferencias entre ellos, se ha representado gráficamente la relación entre  $\log L_{\infty}$  y  $\log K$  para el total de ejemplares (machos y hem-

bras) (figura 4). Aunque resulta difícil establecer diferencias o semejanzas a partir de esta figura –lo que requeriría análisis comparativos del crecimiento de esta especie en áreas geográficas distintas–, su representación sí orienta en la interpretación de

Figura 4. Índices de rendimiento del crecimiento ( $\phi'$ ) para el total de ejemplares de *Beryx splendens* expresado como relación entre  $\log L_\infty$  y  $\log K$ . (1): Sagami Bay, Japón (Ikenouye y Masuzawa, 1968; Ikenouye, 1969). (2): Sagami Bay y Zunan Sea, Japón (Masuzawa, Kurata y Onishi, 1975). (3): Chiba, Japón (Shibata, 1983). (4): otros resultados para diferentes áreas (tabla V). (GG): golfo de Guinea, presente estudio. (OI): océano Índico, Santamaría, López Abellán y González, 2006).



las diferencias, pudiendo ser asumida únicamente como aproximación. En la comparación, habría que considerar, además, la influencia de posibles discordancias entre los respectivos patrones de interpretación y la de los desajustes en los rangos de tallas analizados.

El citado gráfico muestra cuatro agregaciones, de las que el grupo 1 corresponde al alfonsiño de Sagami Bay (Japón) (Ikenouye y Masuzawa, 1968; Ikenouye, 1969). La desviación relativa de este grupo respecto a los demás puede estar relacionada con discrepancias en la interpretación de la edad respecto al resto de autores, como quedó manifiesto en Santamaría, López Abellán y González (2006). El grupo 2 corresponde también al alfonsiño de Sagami Bay y al de Zunan Sea (Japón) (Masuzawa, Kurata y Onishi, 1975), sin embargo, los valores están más próximos a la agregación principal (grupo 4). La aparente contradicción de estos resultados, dada la coincidencia de autores y de áreas de estudio, podría ser explicada por un cambio en el patrón de interpretación de la edad o por la particularidad de haber desarrollado este último estudio a partir de escamas. El valor alejado de Shibata (1983) (grupo 3) podría deberse a un crecimiento diferente del alfonsiño de Chiba respecto a otras regiones próximas de Japón, como las islas de Izu (Adachi *et al.*, 2000), cuyos parámetros de crecimiento parecen estar más próximos a los de otras áreas geográficas. Los valores de  $K$  y  $L_\infty$  del presente trabajo (GG) y los del alfonsiño del océano Índico (OI) quedaron incluidos en la agregación principal.

Por todo ello, en el presente trabajo solamente se han comparado directamente los parámetros de crecimiento obtenidos para el golfo de Guinea (este estudio) y los del océano Índico, cuyas lecturas

fueron realizadas por los mismos autores, con el mismo patrón de interpretación de la edad e idénticas metodologías de obtención y tratamiento de las muestras (Santamaría, López Abellán y González, 2006); además, los ejemplares fueron recogidos en la misma época del año y el rango de tallas analizado fue prácticamente el mismo (Índico: 15-43 cm; golfo de Guinea: 14-46 cm). Éste es un aspecto muy importante de cara a establecer semejanzas o diferencias en el crecimiento de una especie en áreas geográficas distintas, pues, de no ser contemplado, se introduce incertidumbre respecto a que las diferencias entre áreas sean realmente atribuibles a distintos patrones de crecimiento de la especie o a cuestiones metodológicas. Por otro lado, también hay que tener en cuenta que en ambos estudios el número de individuos analizados no fue muy elevado.

El estudio comparativo de los parámetros que definen el crecimiento del alfonsiño del golfo de Guinea y el del océano Índico dio como resultado, a pesar de la gran similitud de los valores de  $\phi'$ , una diferencia extremadamente significativa entre ambos, tanto considerando todas las tallas presentes en las respectivas muestras

$$T_{p < 0,0001}^2 = 83,344 > \chi_{0,05;3}^2 = 7,815$$

como analizando el rango de tallas común (155-435 mm)

$$T_{p < 0,0001}^2 = 34,579 > \chi_{0,05;3}^2 = 7,815$$

En la figura 5 se muestran las curvas de crecimiento ajustadas para el alfonsiño de las dos regiones.

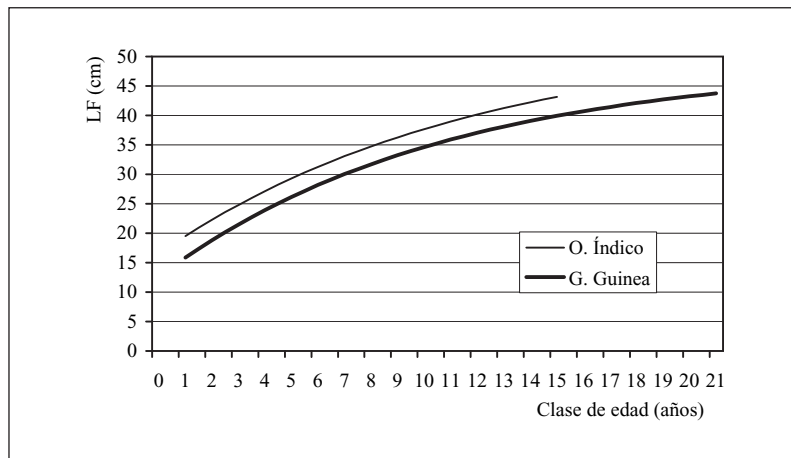


Figura 5. Curvas de crecimiento de *Beryx splendens* ajustadas al total de ejemplares (machos, hembras e indeterminados) procedentes del océano Índico suroccidental (Walters Shoals y Sapmer) y del Atlántico centro-oriental (golfo de Guinea).

Las diferencias observadas en el crecimiento podrían atribuirse al hecho de tratarse de poblaciones aisladas entre sí, sin vías estables de conexión, o a la circunstancia de habitar en condiciones medioambientales diferentes. Sin embargo, Santamaría, López Abellán y González (2006) encontraron que la coyuntura de proximidad no entraña una condición de similitud, y tampoco el alejamiento constituye un factor de diferencia. En este sentido, parece que el patrón de crecimiento del alfonsiño, especie de distribución global en su latitud, puede variar independientemente de la distancia entre las zonas en las que habita. Por tanto, se podría concluir que las desviaciones del patrón común de crecimiento estarían más relacionadas con las características locales del hábitat, la disponibilidad de alimento y (o) episodios oceanográficos localizados, como se ha visto en otras especies (Gordoa y Molí, 1997).

En este sentido, la disponibilidad de alimento sería un factor determinante en el crecimiento diferencial de *B. splendens*. Kakora (2005) encontró diferencias en el comportamiento de consumo y en la repleción estomacal entre ejemplares de alfonsiño de diversas montañas submarinas del Atlántico suroeste. Igualmente, Lehodey y Grandperrin (1996a), para el alfonsiño de Nueva Caledonia, concluyen que el crecimiento puede estar influido por la disponibilidad de alimento en conexión con los ciclos de marea. También relacionan el crecimiento de esta especie con el fenómeno ENSO (El Niño-Southern Oscillation) (Lehodey y Grandperrin, 1996b).

En cuanto a la comparación directa entre el crecimiento en el golfo de Guinea y en el océano Índico, hay que precisar que las condiciones oceanográficas generales de ambas zonas están sometidas a regímenes de corrientes sensiblemente diferen-

tes. Por una parte, el golfo de Guinea se encuentra bajo la influencia de la corriente subecuatorial (con dirección Oeste), en una zona en la que durante todo el año las condiciones hidrográficas entre 200 y 500 m se hacen más estables conforme aumenta la profundidad, con temperaturas de 14°C a 200 m y de 7-8°C a 500 m (Sætersdal *et al.*, 1999). Sin embargo, las masas de agua presentes en la dorsal de Madagascar (Walters Shoals) estarían compuestas por aguas superficiales transportadas por la corriente subtropical (16-27°C) hasta una profundidad de 500-600 m, una zona de mezcla (12-17°C) entre 300-350 m y masas de agua de la capa intermedia subantártica (3-5°C) entre 1 200 y 1 300 m, que pueden localizarse entre 500 y 600 m de profundidad en algunas montañas submarinas por procesos de afloramiento (Burlenko, 2003).

En el análisis de visu no se aprecia una divergencia clara en las evoluciones de las curvas de crecimiento para las edades estudiadas, sino una distancia en ordenadas entre las curvas, que progresan de forma casi paralela. Esto induce a pensar en la posible existencia de algún proceso de carácter local, similar a los descritos, que pudiera afectar a los estadios iniciales en la vida de esta especie –antes de cumplir el primer año– condicionando los comienzos del crecimiento, que evolucionaría posteriormente hacia un patrón más generalizado de características similares.

## AGRADECIMIENTOS

A los revisores de este manuscrito, por sus acertados comentarios que han permitido mejorar el presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adachi, K., K. Takagi, E. Tanaka, S. Yamada y T. Kitakado. 2000. Age and growth of alfonsino *Beryx splendens* in the waters around the Izu Islands. *Fishery Science* 66: 232-240.
- Anibal, J., E. Esteve, H. Krug y H. Marques. 1998. Age and growth in the Alfonsino, *Beryx splendens* (Berycidae) from the Azores (central eastern Atlantic). *Ital. J. Zool.* 65 Suppl.: 215-218.
- Bertalanffy, L. von. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. *Q. Rev. Biol.* 32: 217-231.
- Burlenko, T. I. 2003. General physical and geographical characteristics of the underwater ridges of the Southern Indian Ocean. En: *Summary and review of Soviet and Ukrainian scientific and commercial fishing operations on the deepwater ridges of the southern Indian Ocean* (FAO Fish. Cir.). E. V. Romanov (ed.) 991: 84 pp. FAO. Roma.
- Cerrato, R. M. 1990. Interpretable statistical test for growth comparisons using parameters in the Von Bertalanffy equation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 1416-1426.
- Galaktionov, G. Z. 1984. Features of the schooling behaviour of the alfonsino *Beryx splendens* (Berycidae), in the thalassobathyl depths of the Atlantic Ocean. *J. Ichthyol. (USSR)* 24: 148-151.
- Gordoa, A. y B. Molí. 1997. Age and growth of the sparids *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* and *D. annularis* in adult populations and the differences in their juvenile growth patterns in the north-western Mediterranean Sea. *Fish. Res. (Amst.)* 33: 123-129.
- Humphreys, R. L., D. T. Tagami y M. P. Seki. 1984. Seamount fishery resources within the southern Emperor-northern Hawaiian Ridge area. En: *Proceedings 2nd Symposium. Resource Investigations in the Northwestern Hawaiian Islands*. R. W. Grigg y K. Y. Tanoue (eds.) 2: 31-35. Universidad de Hawaii. Honolulu.
- Ikenouye, H. 1969. Age determination by otolith of a Japanese alfonsino, *Beryx splendens*, with special reference to growth. *J. Tokyo Univ. Fish.* 55: 91-98.
- Ikenouye, H. y H. Masuzawa. 1968. An estimation on parameters of growth equation basing on the results of tagging experiments of the Japanese Alfonsino fish. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 34 (2): 97-102. (En japonés, con resumen en inglés.)
- Isarev, A. T. 1991. Age determination technique for the alfonsino (*Beryx splendens* Lowe) from the Vavilov Ridge area. En: *Biological resources of the Thalassobathyal world ocean*. A. S. Grechina (ed.): 97-110. Moscú.
- Isidro, E. 1996. *Biology and population dynamics of selected demersal fish species of the Azores Archipelago*. Tesis doctoral en Filosofía. Universidad de Liverpool. Liverpool, Inglaterra: 248 pp. + Apéndice.
- Ivanin, N. A. 1987. On the discovery of a juvenile beryx-alfonsino, *Beryx splendens*, in the region of the North Australian Trough of the Indian Ocean. *J. Ichthyol. (Engl. Trans. Vopr. Ikhtiol.)* 27: 171-172.
- Kakora, A. F. 2005. Alfonsino *Beryx splendens* (Berycidae) of the Southwestern Atlantic. *J. Ichthyol. (Engl. Trans. Vopr. Ikhtiol.)* 45 (1): 55-61.
- Kotlyar, A. N. 1987. Age and growth of Alfonsino, *Beryx splendens*. *J. Ichthyol. (Engl. Trans. Vopr. Ikhtiol.)* 27: 104-111.
- Krug, H., D. Rosa, G. Menezes y M. Pinho. 1998. Age and growth of some demersal species of the Azores. *ICES C.M.* 1998/O:84 (póster).
- Lehodey, P. y R. Grandperrin. 1996a. Age and growth of the alfonsino *Beryx splendens* over the seamounts off New Caledonia. *Mar. Biol.* 125: 249-258.
- Lehodey, P. y R. Grandperrin. 1996b. Influence of temperature and ENSO events on the growth of the deep demersal fish alfonsino, *Beryx splendens*, off New Caledonia in the western tropical South Pacific Ocean. *Deep-Sea Res. Part A* 43 (1): 49-57.
- Lehodey, P., R. Grandperrin y P. Marchal. 1997. Reproductive biology and ecology of a deep-demersal fish, Alfonsino *Beryx splendens*, over the seamounts off New-Caledonia. *Mar. Biol.* 128: 17-27.
- León, M. E. de y A. Malkov. 1979. Estudio preliminar de la edad y crecimiento del *Beryx splendens*, Lowe del Atlántico Centro-Occidental. *Rev. Cubana Invest. Pesq.* 4 (4): 62-73.
- Massey, B. R. y P. L. Horn. 1990. Growth and age structure of alfonsino (*Beryx splendens*) from the lower east coast, North Island, New Zealand. *NZ J. Mar. Freshwater Res.* 24: 121-136.
- Masuzawa, T., Y. Kurata y K. Onishi. 1975. Results of group study on population of demersal fishes in water from Sagami Bay to southern Izu Islands. Population ecology of Japanese alfonsino and other demersal fishes. *Jap. Aqu. Res. Cons. Ass. Fish. Res.* 28: 105 pp. (En japonés, traducción a inglés de Fisheries Research Centre Library. Wellington.)
- Munro, J. L. y D. Pauly. 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. *ICLARM Fishbyte* 1 (1): 5-6.
- Paxton, J. R. 1999. Berycidae. En: *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Bony Fishes. Mugilidae to Carangidae*. K. E. Carpenter y V. H. Niem (eds.) 4 (2): 2218-2224. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Roma.
- Quinn, T. J., II y R. B. Deriso. 1999. *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press. Oxford, Inglaterra: 150 pp.
- Rico, V., J. M. Lorenzo, J. A. González, H. M. Krug, A. Mendonça, E. Gouveia y M. Alfonso Dias. 2001. Age and growth of the alfonsino *Beryx splendens* Lowe, 1834 from the Macaronesian archipelagos. *Fish. Res. (Amst.)* 49: 233-240.
- Sætersdal, G., G. Bianchi, T. Strømme y S. C. Venema. 1999. The Dr. Fridtjof Nansen Programme 1975-1993. Investigations of the fishery resources in developing countries. History of the programme and review of results. *FAO Fish. Tech. Pap.* 391: 434 pp. FAO. Roma.
- Santamaría, M. T. G., L. J. López Abellán y J. F. González. 2006. Growth of alfonsino *Beryx splendens* Lowe 1834 in the South-West Indian Ocean. *African Journal of Marine Sciences* 28 (1): 33-40.
- Seki, P. y D. T. Tagami. 1986. Review and present status of handline and bottom longline fisheries for alfonsino. En: *Environment and Resources of Seamounts in the North*

- Pacific* (NOAA Techn. Rep. NMFS). R. N. Uchida, S. Hayasi y G. W. Boehlert (eds.) 43: 31-35. NOAA (Nacional Oceanic and Atmospheric Administration).
- Sherstyukov, A. I. y A. S. Nostov. 1986. Collections of juvenile alfonsino, *Beryx splendens* (Berycida), in the region of the Uglovoye Submarine Rise. *J. Ichthyol. (Engl. Trans. Vopr. Ikhtiol.)* 26: 123-124.
- Shibata, K. 1983. Studies on Japanese Alfonsino in the coast of Chiba. I. Age and growth. *Bull. Chiba Pref. Fishery Exp. Sta.* 41: 55-57. (En japonés.)
- SPSS (ed.). 2005. *SPSS 14.0 para Windows*. SPSS Inc. Chicago (Illinois), EE UU: 581 pp.
- Vinnichenko, V. I. 1997. Russian Investigations and Deep Water Fishery on the Corner Rising Seamount in Subarea 6. *NAFO Scientific Council Studies* 30: 41-49.
- Vinnichenko, V. I. 1998. Alfonsino (*Beryx splendens*) biology and fishery on the Seamounts in the open North Atlantic. *ICES C.M.* 1998/O:13: 8 pp.
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall International Editions. New Jersey, EE UU: 718 pp.

# Los diversos grupos faunísticos, ¿son representativos de la comunidad macrobentónica en arenas submareales?

J. M. Garmendia<sup>1</sup> y J. Mora<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Investigación Marina. AZTI-Tecnalia. Herrera Kaia-Portualdea, z/g. E-20110 Pasaia (Gipuzkoa), España. Correo electrónico: jgarmendia@pas.azti.es

<sup>2</sup> Departamento de Biología Animal. Facultad de Biología. Universidade de Santiago de Compostela. Campus Sur. E-15782 Santiago de Compostela (A Coruña), España. Correo electrónico: bajmora@usc.es

Recibido en febrero de 2006. Aceptado en marzo de 2007.

## RESUMEN

Se intenta comprobar la existencia de algún grupo faunístico cuyo comportamiento sea capaz de describir el del conjunto de la comunidad macrobentónica. Las especies encontradas en los fondos arenosos submareales de la ría de Ares y Betanzos (Galicia, noroeste de España) son separadas en cinco grupos faunísticos: crustáceos, equinodermos, moluscos, poliquetos y otros. Los registros recogidos de abundancia, biomasa, riqueza específica, dominancia, diversidad y diversidad relativa de cada grupo se comparan con los de la macrofauna total, se aplica el test de correlaciones de rango de Spearman y posteriormente se realiza un análisis de clasificación UPGMA. Se discuten diferentes posibilidades de ahorro de esfuerzo, principalmente en el apartado taxonómico, y se concluye que no hay un único grupo cuyos resultados coincidan completamente con los de la comunidad, si bien los poliquetos proporcionan una idea fiel de ésta en términos de abundancia.

**Palabras clave:** Macrofauna, grupos faunísticos, estructura, dinámica, fondos blandos, submareal, Galicia, España.

## ABSTRACT

*Is there a faunal group that is a representative taxon of macrobenthic communities in subtidal sands?*

*The present study aimed to determine the existence of a faunal group able to serve as a representative taxon for the macrobenthic community as a whole. Organisms were sampled on a subtidal sandy bottom of the Ría de Ares y Betanzos (Galicia, northwestern Spain), considering 5 faunal groups: polychaetes, molluscs, echinoderms, crustaceans, and others. The figures on abundance, biomass, species richness, dominance, diversity, and evenness for each faunal group, and for the macrofauna as a whole, were compared, and tested using Spearman's rank correlation. The UPGMA classification technique was also used. Moreover, different ways to save time and effort are discussed. The conclusion is that there is no single group whose results completely fit those of the community, although polychaetes accurately reflected overall abundance.*

**Keywords:** Macrofauna, faunistic groups, community structure, dynamics, soft bottoms, sublittoral, Galicia, Spain.

## INTRODUCCIÓN

Es consabido el gran esfuerzo que hay que realizar a la hora de afrontar un estudio dirigido al conocimiento de las comunidades macrobentónicas presentes en los sedimentos blandos de nuestras costas. Este esfuerzo es consecuencia de la dificultad y la laboriosidad que entrañan la separación y la determinación de los organismos recolectados en las campañas de muestreo, que se traduce en una demora importante en la obtención de los resultados finales y la necesidad de contar con un considerable nivel de experiencia taxonómica (Warwick, 1988c). En busca de mayor celeridad en la consecución de resultados se han utilizado distintas metodologías que conllevan un menor esfuerzo de trabajo.

Con este trabajo se pretende discutir la validez o idoneidad de la utilización de un único grupo faunístico para, posteriormente, extrapolar los resultados obtenidos a escala de comunidad macrobentónica de la zona de estudio. Hay que señalar que la bibliografía consultada en cuanto a la utilización de un único grupo faunístico se limita, en la mayoría de los casos, a estudios cartográficos o espaciales dirigidos a conocer la estructura de la comunidad en un momento dado. En este trabajo, sin embargo, se aborda esta problemática desde un punto de vista dinámico, con muestras a lo largo de una serie temporal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del estudio se ha empleado material recogido en la ría de Ares y Betanzos ( $43^{\circ} 24' N$ ,  $8^{\circ} 15' O$ ) (A Coruña, Galicia, noroeste de España) procedente de tres estaciones (W, X y Z) situadas en la parte media de la ría a 10-15 m de profundidad (figura 1). Este material se obtuvo en los muestreos mensuales realizados entre agosto de 1988 y julio de 1989 (excepto en la estación W, donde no se pudieron obtener muestras en el mes de octubre) con la utilización de una draga cuantitativa *box-corer* de Reineck adaptada por Bouma y Marshall (1964), con una superficie de acometida de  $0,017 m^2$ .

Cada mes, en cada punto seleccionado se tomaron muestras de sedimento en las que, tras su secado al aire, se midieron las siguientes variables: porcentajes de las diferentes fracciones granulométricas mediante tamizado en húmedo (Buchanan, 1984); materia orgánica, por pérdida de peso tras secado a  $95^{\circ}C$  durante 24 horas y calcinación a  $450^{\circ}C$  durante 4 horas (Buchanan, 1984); carbono orgánico, siguiendo el método químico basado en la oxidación de la muestra a partir de dicromato potásico y ácido sulfúrico –Gaudette *et al.* (1974) modificado por El-Rayis (1985)–; y carbonatos, mediante el análisis gasométrico en el calcímetro de Bernard (Gutián y Carballas, 1976).

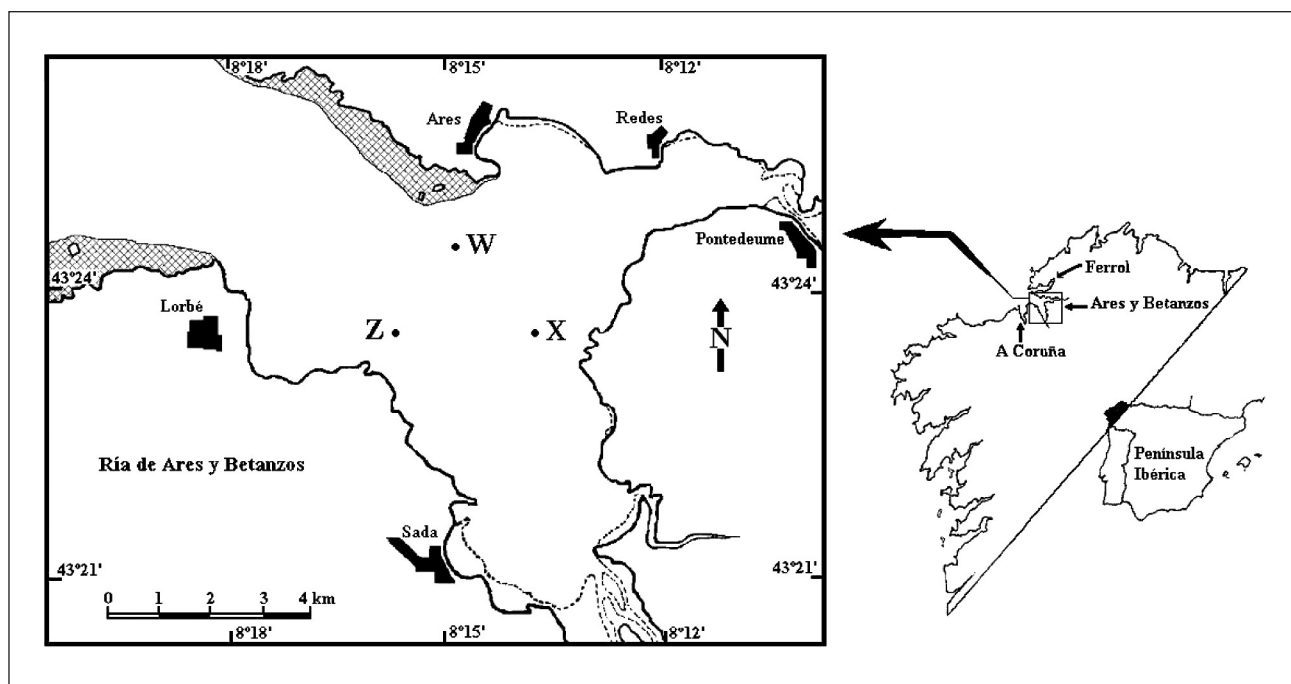


Figura 1. Estaciones de muestreo (W, X y Z) en la ría de Ares y Betanzos (A Coruña, Galicia).



La superficie total destinada al análisis faunístico recogida mensualmente en cada punto de muestreo fue de 0,051 m<sup>2</sup>, con 17 cm de profundización media de la muestra. Esta superficie se consideró suficiente tras realizar el análisis del área mínima (Garmendia, 1997) y se cubrió con tres acometidas consecutivas de draga, cuyos contenidos fueron tratados posteriormente de forma conjunta. El tamiz utilizado para lavar el material muestreado tenía luz de malla 1 mm.

Se separó todo el material y se determinaron todos los organismos, reuniéndolos en cinco diferentes grupos faunísticos: poliquetos, moluscos, equinodermos, crustáceos y otros. Con los individuos encontrados se estimaron variables y parámetros poblacionales como riqueza específica (RE), abundancia, biomasa en peso seco libre de cenizas (PSLC) (Crisp, 1984), dominancia, diversidad (H') de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1963) y diversidad relativa o equitatividad (J) de Pielou (Pielou, 1966) (éstos dos últimos por abundancias y por biomasa), tanto para cada grupo faunístico como para la macrofauna total encontrada. Los resultados de abundancia, riqueza específica y biomasa que se exponen en las figuras 2, 3 y 4 corresponden a los valores reales hallados en la superficie muestreada.

En primer lugar se estimaron los porcentajes correspondientes a cada grupo faunístico respecto a cada variable considerada. En segundo lugar se compararon las representaciones gráficas de los resultados obtenidos por cada grupo faunístico frente al total de la macrofauna, independientemente para cada variable. En tercer lugar se realizaron las mismas comparaciones determinando los coeficientes de correlación: se empleó el coeficiente de correlación de rango de Spearman (Ludwig y Reynolds, 1988). Por último se realizaron análisis de clasificación para el total de la macrofauna y de cada uno de los grupos faunísticos que mostraron una correlación significativa superior o igual al 95 % en las tres estaciones: con este método se puede observar y comparar las agrupaciones de las muestras (en nuestro caso meses) que se forman a partir de los diferentes resultados faunísticos considerados. Para ello se empleó la técnica aglomerativa y jerárquica UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean) aplicada a una matriz de disimilaridad resultado de la aplicación del índice de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957) obtenido con la matriz de datos transformados (doble raíz cuadrada) de la abun-

dancia, por un lado, y de la biomasa, por otro. Los diferentes programas utilizados para obtener estos análisis de clasificación forman parte del paquete estadístico NTSYS-pc (Rohlf, 1990).

Teniendo en cuenta que las tres estaciones muestreadas poseen unas condiciones sedimentarias similares (como se indica en los resultados), el presente trabajo pretende unas conclusiones válidas para este tipo de fondos arenosos. Por ello, el criterio elegido para aceptar variables y parámetros poblacionales y (o) grupos faunísticos útiles para alcanzar los objetivos enunciados fue haber demostrado iguales resultados en las tres estaciones, rechazando aquellos casos en los que claramente no se obtuvo dicha coincidencia.

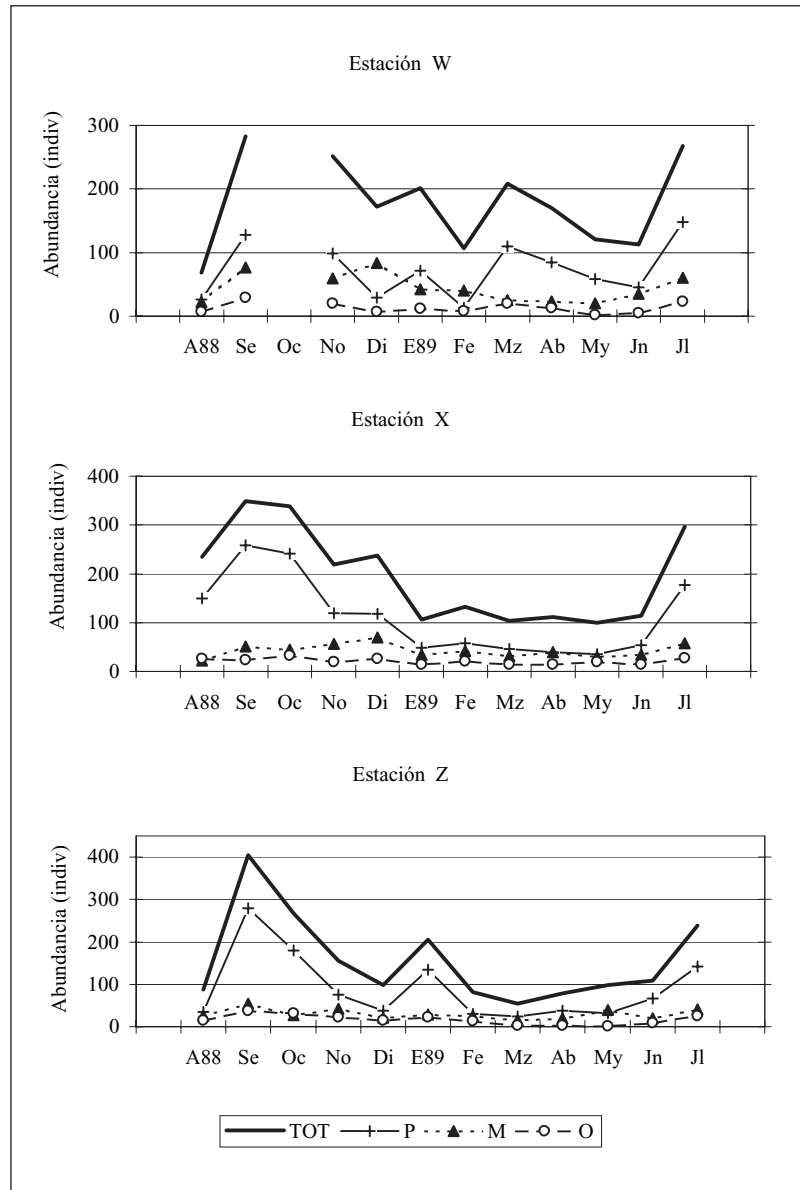
## RESULTADOS

Como se ha avanzado, las tres estaciones presentan unas condiciones sedimentarias similares, con lo que las conclusiones obtenidas servirán para el mismo tipo de fondo de esta ría. Los fondos considerados están compuestos mayoritariamente por arenas finas y muy finas (sumando valores cercanos al 60-70 %) con contenidos importantes en pelitas (entre 15 y 30 %). El contenido en carbono orgánico es siempre inferior a 0,6 %, la materia orgánica oscila entre 1 y 2 % y los carbonatos muestran valores dentro del intervalo del 20 al 30 %.

Cualitativamente, la fauna encontrada en ellas es prácticamente la misma, perteneciendo a una zona de transición entre las comunidades de *Venus gallina* (Da Costa, 1778) y *Abra alba* (Wood, 1802) en el sentido de Thorson (1957). Se ha contado con 6158 individuos en total repartidos en 166 especies: 57 poliquetos, 46 moluscos, 42 crustáceos, 5 equinodermos y 16 del grupo otros.

En la estación W los poliquetos son los dominantes en cuanto a abundancias, con elevadas cantidades de *Diplocirrus glaucus* (Malmgren, 1867), *Spiophanes bombyx* (Claparède, 1870), *Mediomastus fragilis* Rasmussen, 1973 y *Paradoneis armata* Glèmarec, 1966, excepto en los meses de diciembre –por la elevada presencia del molusco *Rissoa parva* (Da Costa, 1778)– y febrero –debido al equinodermo ofiuroido *Acrocnida brachiata* (Montagu, 1804)–. También en el número de especies los poliquetos muestran los valores más altos, excepto en diciembre y febrero, en que los moluscos pasan a ser los dominantes. En biomasa, los moluscos dominan

Figura 2. Evolución de la abundancia (número de individuos en cada muestra) de macrofauna total (TOT), poliquetos (P), moluscos (M) y el grupo otros (O) de las estaciones muestreadas (W, X y Z).



claramente a causa de los bivalvos de gran talla *Pharus legumen* (L., 1758) y *Ensis arcuatus* (Jeffreys, 1865), hecho que no se constata en noviembre por el superior peso de los sipuncúlidos y nemertinos. Los poliquetos muestran los valores de diversidad por abundancias más elevados en todos los meses, excepto en febrero. En cuanto a los valores de diversidad por biomasa y diversidad relativa (tanto por abundancias como por biomasa) no se observan tendencias claras de ningún tipo. Esta estación ofrece los resultados más variables y con menor claridad en las tendencias.

En la estación X los efectivos de poliquetos son los mayores en todo momento por la aportación de *P. armata*, *Spio decoratus* Bobretzky, 1871, *M. fragilis* y

*S. bombyx*. Lo mismo ocurre para la riqueza específica, salvo en diciembre y enero, en que los moluscos son dominantes. Los resultados de biomasa muestran dominantes a los moluscos –con *P. legumen* y *Lutraria lutraria* (L., 1758) como especies más importantes– menos en febrero, debido a que no se encontró individuo alguno perteneciente a las especies citadas de bivalvos de gran talla y, simultáneamente, se localizaron poliquetos de gran tamaño, como *Lanice conchilega* (Pallas, 1766). Las diversidades y las diversidades relativas presentan sus máximos valores repartidos entre los diferentes grupos faunísticos. Tanto desde el punto de vista sedimentario como faunístico es la estación más estable y donde se aprecian más claramente las tendencias de cada grupo.

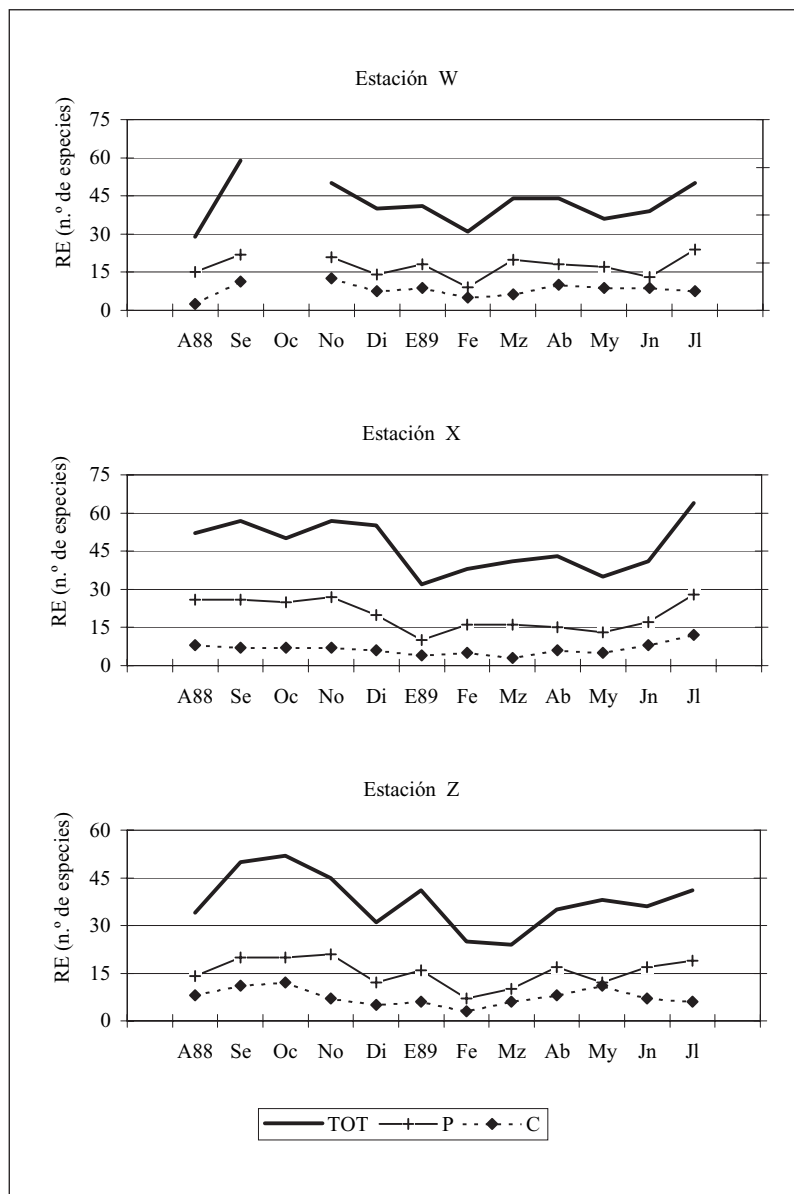


Figura 3. Evolución de la riqueza específica RE (número de especies en cada muestra) de macrofauna total (TOT), poliquetos (P) y crustáceos (C) de las estaciones muestreadas (W, X y Z).

En la estación Z los poliquetos dominan en abundancias gracias a la contribución de *S. decoratus*, *S. bombyx*, *P. armata* y *D. glaucus*, salvo en mayo, en que destacan los moluscos *Mysella bidentata* (Montagu, 1803) y *Tellina fabula* (Gronovius, 1781). Los poliquetos también demuestran las mayores riquezas específicas, excepto en febrero, cuando los moluscos alcanzan el valor más alto. En cuanto a biomásas, los moluscos aportan los valores más elevados. Al igual que en la estación X, no se observa tendencia alguna en cuanto a los valores hallados para las diversidades y las diversidades relativas.

Tras este primer análisis, en las tres estaciones se observan prácticamente los mismos resultados: tan-

to en abundancias como en riqueza específica los poliquetos conforman el grupo dominante a lo largo de prácticamente todo el año, con los moluscos como segundo grupo en importancia. En cuanto a biomásas, los moluscos aportan los valores más elevados en todo el ciclo anual. Las diversidades y las diversidades relativas no muestran tendencias claras por parte de los grupos faunísticos.

Los coeficientes de correlación obtenidos para los diferentes grupos faunísticos frente a los valores totales de la macrofauna, así como los niveles de significación, se muestran en la tabla I. En primer lugar se eligieron aquellos pares de variable y grupo que presentaban resultados con un nivel de confianza igual o superior al 95 % para cada una de

Tabla I. Coeficientes de correlación de rango de Spearman entre las variables poblacionales abundancia (A), riqueza específica (RE), diversidad de Shannon por abundancia (H' (A)), diversidad relativa de Pielou por abundancia (J(A)), biomasa (B), diversidad de Shannon por biomasa (H' (B)), diversidad relativa de Pielou por biomasa (J(B)) en cada una de las estaciones muestreadas (W, X y Z) de la macrofauna total y de los distintos grupos faunísticos considerados: (Pol): poliquetos; (Mol): moluscos; (Cru): crustáceos; (Equ): equinodermos; (Otr): otros. (\*):  $p < 0,05$ ; (\*\*):  $p < 0,01$ .

Estación W (n = 11). Macrofauna total							
	A	RE	H' (A)	J (A)	B	H' (B)	J (B)
Pol	0,900**	0,876**	0,645*	0,287	0,373	0,409	0,045
Mol	0,645*	0,437	0,345	0,082	0,736**	0,673*	0,591
Cru	0,5659	0,644*	0,473	-0,045	0,682*	-0,109	-0,354
Equ	0,411	0,093	0,327	0,609*	0,318	0,327	0,527
Otr	0,831**	0,689*	0,200	-0,136	0,436	0,127	-0,045
Estación X (n = 12). Macrofauna total							
	A	RE	H' (A)	J (A)	B	H' (B)	J (B)
Pol	0,958**	0,922**	0,571	0,832**	-0,755**	0,224	-0,112
Mol	0,665*	0,683*	0,697*	0,175	0,979**	0,678*	0,573
Cru	0,683*	0,702*	0,130	0,361	0,566	-0,056	0,461
Equ	0,207	0,128	0,156	0,382	-0,503	0,452	0,406
Otr	0,827**	0,124	-0,246	-0,182	-0,259	-0,071	-0,098
Estación Z (n = 12). Macrofauna total							
	A	RE	H' (A)	J (A)	B	H' (B)	J (B)
Pol	0,942**	0,870**	0,559	0,921**	-0,441	0,126	-0,322
Mol	0,772**	0,609*	0,245	-0,263	0,965**	0,329	0,454
Cru	0,703*	0,613*	0,375	-0,038	0,266	0,2098	-0,035
Equ	0,396	0,242	0,263	-0,076	0,469	0,182	-0,587*
Otr	0,842**	0,442	-0,249	-0,344	0,189	0,468	0,056

las tres estaciones, con lo que se obtuvieron seis casos: tres en abundancias (poliquetos, moluscos y el grupo otros), dos en riqueza específica (poliquetos y crustáceos) y uno en biomasa (moluscos). Las evoluciones de estos grupos que demostraron correlación significativa en las tres estaciones, así como los de la macrofauna total, están representadas en las figuras 2, 3 y 4.

Warwick y Clarke (1991) señalan que la sensibilidad y la generalidad confieren a los análisis multivariantes la cualidad de ser instrumentos particularmente válidos para el estudio de las respuestas de una comunidad ante cambios del medio. Apoyados en esta observación, y teniendo en cuenta los valores de correlación obtenidos previamente, hemos realizado análisis de clasificación partiendo de los resultados de abundancias (para poliquetos, moluscos, crustáceos, el grupo otros y el total de la macrofauna) y de biomasa (para moluscos y la macrofauna total). Como ilustran las figuras 5 y 6, las agrupaciones de muestras en el caso de la macrofauna total coinciden con las de los

poliquetos en las tres estaciones (con una ligera diferencia en la estación Z), con las del grupo otros en la estación Z y con las de los moluscos en la estación X (los dos primeros en abundancias y el tercero en biomasa); en los dendrogramas restantes las diferentes categorías faunísticas no agrupan a las muestras de la misma manera que lo hace la macrofauna total.

## DISCUSIÓN

Los métodos para conseguir un ahorro o reducción de esfuerzo-tiempo en estudios sinecológicos marinos han sido abordados desde dos perspectivas con la misma idea básica: la utilización de un menor nivel de especialización taxonómica.

Una primera metodología se basa en la aplicación del concepto de suficiencia taxonómica, citada por Ellis (1985) y consistente en tener determinado y utilizar el nivel taxonómico suficiente para obtener la información necesaria que permita al-

canzar los objetivos planteados en el estudio a realizar. En este sentido se han realizado una serie de trabajos a propósito del nivel taxonómico suficiente para detectar los efectos de distintos niveles de contaminación sobre la macrofauna (Warwick, 1988a, 1988b; Ferraro y Cole, 1990, 1992). El conocimiento y la utilización de la suficiencia taxonómica soluciona, sin pérdida apreciable de rigor estadístico, dos de los problemas más habituales presentes en los estudios de macrofauna bentónica: en primer lugar, se ahorra mucho tiempo al eludirse la determinación de los organismos hasta niveles taxonómicos inferiores a los necesarios (en función del objetivo planteado) obteniéndose los resultados con una mayor rapidez y, en segundo lu-

gar, no se necesitan especialistas ni material específico (herramientas de disección, bibliografía adecuada...), de los que carecen muchos laboratorios, para determinar con absoluta precisión los organismos hasta el nivel exigido. Así, la suficiencia taxonómica parece ser un concepto útil en el campo de la ecología de contaminación (Ferraro y Cole, 1990; Warwick, 1988a, 1988b, 1988c), y se consigue a distintos niveles (Familia, *Phylum*...) dependiendo de la zona estudiada, su grado de contaminación y la estrategia de muestreo (tamaño de muestra, luz de malla...) (Ferraro y Cole, 1990).

Otra alternativa a la solución de los problemas planteados es enfocar el ahorro en otra dirección: en vez de analizar toda la macrofauna presente, se

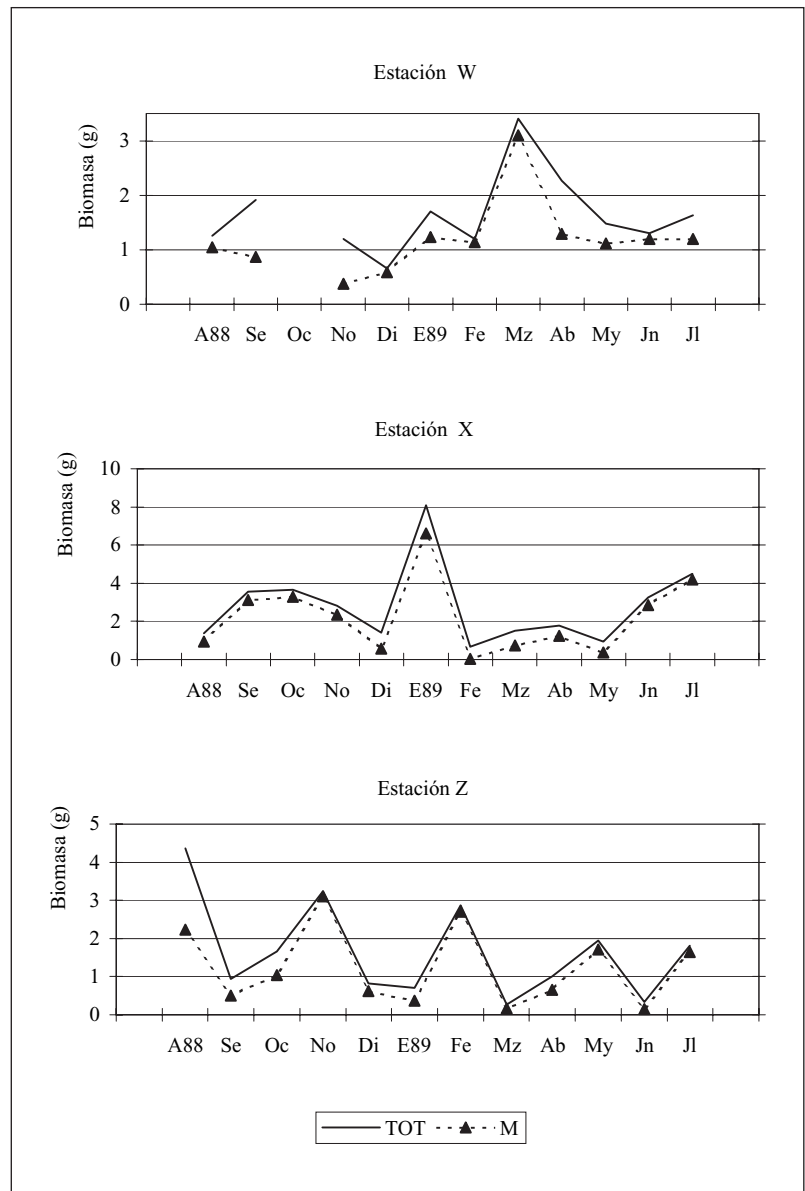


Figura 4. Evolución de la biomasa (gramos en peso seco libre de cenizas en cada muestra) de macrofauna total (TOT) y moluscos (M) de las estaciones muestreadas (W, X y Z).

trata de encontrar un grupo faunístico que pueda revelar el patrón de comportamiento seguido por el conjunto de la macrofauna. De esta manera, se

ahorra tiempo por el manejo de una parte del todo, y también se elimina la necesidad de tener que disponer de especialistas en todos los grupos fau-

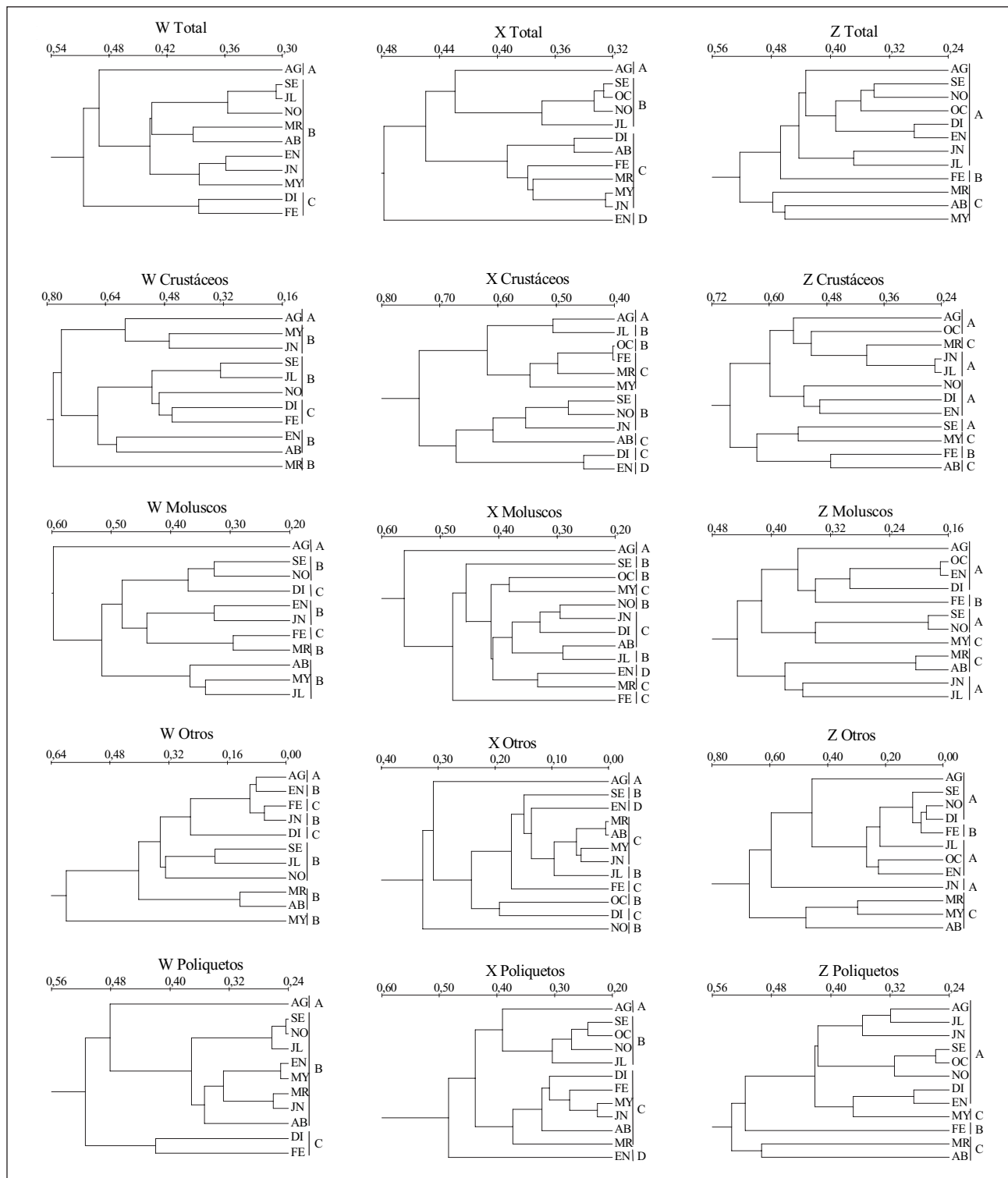


Figura 5. Dendrogramas (agrupamientos de los meses muestreados) obtenidos a partir de datos de abundancia de la macrofauna total, crustáceos, moluscos, el grupo otros y poliquetos para cada una de las tres estaciones (W, X y Z), indicándose en todos ellos los grupos (A, B, C y D) originados en el dendrograma de la macrofauna total.

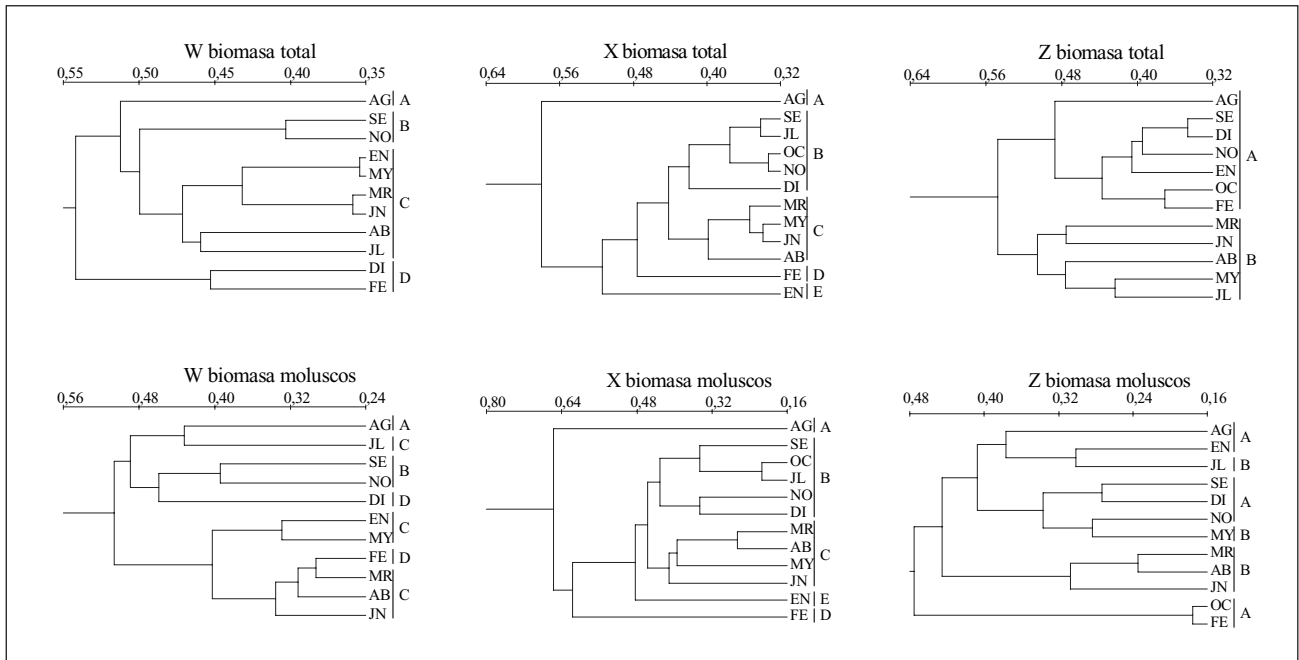


Figura 6. Dendrogramas (agrupamientos de los meses muestreados) obtenidos a partir de datos de biomasa de la macrofauna total y moluscos para cada una de las tres estaciones (W, X y Z), indicándose en todos ellos los grupos (A, B, C, D y E) originados en el dendrograma de la macrofauna total.

nísticos en cada laboratorio: con disponer de la información y bibliografía idóneas sobre el grupo considerado modelo sería suficiente. En este sentido se han realizado algunos trabajos donde se asume la validez de la utilización de un único grupo faunístico como descriptor eficaz de las comunidades macrobentónicas (Hulberg y Oliver, 1980; Gambi, Fresi y Giangrande, 1982; Russo y Fresi, 1983-1984), aunque algunos autores (Rainer, 1984) no la recomiendan.

Warwick (1988a, 1988c) señala que las variaciones medioambientales naturales (fundamentalmente la batimetría y el tipo sedimentario) afectan a las poblaciones de la macrofauna a nivel específico, mientras que las perturbaciones antropógenas lo hacen a niveles taxonómicos superiores. Teniendo en cuenta esta respuesta diferencial, han de seguirse diferentes estrategias de ahorro en el estudio de cada tipo de variación medioambiental, es decir, la suficiencia taxonómica es aplicable, como se ha mencionado, en trabajos de efectos de contaminación, pero no en estudios temporales de una comunidad sometida únicamente a las variaciones naturales del medio.

En nuestro caso se estudian unos sedimentos que aparentemente no han sido afectados por una actividad externa o no natural, por lo que, según Warwick (1988a, 1988c), no sería válida la utiliza-

ción de un nivel taxonómico superior al de especie. Por ello, intentando obtener un ahorro de esfuerzo y tiempo, debemos optar por la segunda estrategia comentada, llegando a determinar los organismos hasta el nivel específico pero sin considerar toda la fauna encontrada.

La idoneidad del uso de un único grupo faunístico como prototipo que permita predecir o estimar lo que ocurre en la comunidad de los fondos a los que pertenece, requiere que la evolución de dicho grupo modelo presente un componente de estabilidad: bien anual, bien interanual.

- Estabilidad anual. El patrón temporal es igual al mostrado por el conjunto de la comunidad, lo que implica demostrar unos valores de dominancia más o menos constantes para todos los meses.
- Estabilidad interanual. El modelo evolutivo, aun no siguiendo una trayectoria paralela a la de la comunidad global, se repite en años sucesivos, lo que entraña la obtención de igual valor de dominancia en un mismo mes, para diferentes años.

El presente estudio solo puede contemplar el primer punto, ya que para debatir sobre el segundo se haría necesario un seguimiento más prolon-

gado y disponer de resultados de diferentes ciclos anuales.

El análisis inicial realizado con la evolución de los valores totales de los diferentes grupos faunísticos considerados sirve para ir eliminando algunas posibilidades entre las establecidas al comienzo del estudio. Así, la diversidad y la diversidad relativa (estimadas tanto por biomasa como por abundancias) no muestran correlación significativa para las tres estaciones entre la macrofauna total y los diferentes grupos faunísticos. Del mismo modo, los equinodermos tampoco se correlacionan significativamente con el total de la macrofauna en ninguna de las variables restantes. Con estas primeras exclusiones se plantea la posibilidad de la validez de los grupos de poliquetos, moluscos y otros como representativos en cuanto a abundancias, poliquetos y crustáceos en cuanto a riqueza específica y moluscos en lo referente a biomasa.

Pero, si bien estos resultados preliminares informan sobre la validez de algunos grupos como representativos de la comunidad para algunas variables y parámetros poblacionales concretos, no se aconseja tomar una determinación final sobre la validez de su uso sin antes comprobar dicha representatividad con otras metodologías.

Los métodos multivariantes son bastante sensibles a las variaciones temporales y espaciales en la estructura de las poblaciones macrofaunales y constituyen un instrumento útil para describir patrones de variación (James, Lincoln Smith y Fairweather, 1995; Warwick, 1988c; Somerfield y Clarke, 1995; Ferraro y Cole, 1990). Considerando la validez de esta metodología, y con el objetivo de comprobar los resultados obtenidos, hemos recurrido a los análisis de clasificación, cuyos resultados se presentan en las figuras 5 y 6 en forma de dendrogramas.

Estos resultados indican que ninguno de los grupos es totalmente representativo de la comunidad, ya que las agrupaciones obtenidas a partir de los datos de la macrofauna total y de las diferentes categorías faunísticas que mostraron correlación en el primer análisis distan claramente en las tres estaciones excepto en un caso: a un nivel de disimilitud cercano al 40 % los poliquetos reflejan los mismos grupos de muestras en las estaciones W y X, con un ligero desajuste en la estación Z, por la distinta posición de la muestra de mayo (dado el valor mínimo de dominancia de poliquetos en el contexto del comportamiento antagónico que ex-

hiben la abundancia total, que aumenta comparada con abril, y la de este grupo, que disminuye respecto al mes precedente).

Tomando en consideración todo lo expuesto, concluimos que en estos fondos estudiados el único grupo que puede ser considerado representativo del conjunto de la macrofauna, desde el punto de vista de las abundancias, es el de poliquetos. De todos modos, su aplicación como único grupo representativo de una comunidad se recomienda solo en estudios preliminares, bien en las primeras etapas de un trabajo más completo (para ir formando una noción de las circunstancias posteriores), bien cuando se requieran ciertos resultados con rapidez aceptable. Pero en todo caso, si se dispone de tiempo para ello, creemos necesarios la obtención y el tratamiento de los datos de todos los grupos faunísticos presentes en las muestras recogidas.

Para finalizar, señalar que el haber llegado a esta única conclusión es tal vez atribuible al tamaño de draga utilizado: los poliquetos que aparecen en estos fondos son, en su mayoría, de talla pequeña y media (Sánchez Mata, 1996; Garmendia, 1997), con lo que su captura total se considera prácticamente asegurada. Pero creemos que, en el caso de las biomasa, los moluscos no han resultado ser representativos tras el segundo análisis, ya que la captura de los individuos de gran talla presentes en estos fondos y que aportan los máximos valores a la biomasa (hemos hallado sifones de individuos grandes en muchas muestras) no se ve favorecida con el uso de dragas de pequeña superficie de acometida. Por ello, dependiendo de la captura o no de estos especímenes de gran talla, los datos de biomasa son oscilantes de un mes a otro. De tener fundamento nuestras sospechas sobre la relativa efectividad de la draga utilizada frente a individuos de gran tamaño presentes en estos fondos, con el empleo de una draga de mayores dimensiones se obtendrían más individuos de estas especies grandes (fundamentalmente moluscos) con lo que la conclusión sobre la representatividad de los moluscos en el caso de las biomasa hubiera podido ser otra.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al proyecto Cartografía y dinámica de las poblaciones bentónicas de la ría de Ares y Betanzos, n.º 012/86 de la CICYT.



La obtención y análisis de los resultados se realizó gracias a una beca de Formación de Investigadores concedida por el Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco a J. M. Garmendia. Este artículo es la contribución n.º 368 de AZTI-Tecnalia (Investigación Marina).

## BIBLIOGRAFÍA

- Bouma, A. H. y F. Marshall. 1964. A method for obtaining and analysing undisturbed oceanic sediment samples. *Marine Geology* 2: 81-99.
- Bray, J. R. y J. T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27: 325-349.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. En: *Methods for the study of marine benthos*. N. A. Holme y A. D. McIntyre (eds.): 41-65. Blackwell. Oxford, Reino Unido.
- Crisp, D. J. 1984. Energy flow measurements. En: *Methods for the study of marine benthos*. N. A. Holme y A. D. McIntyre (eds.): 274-372. Blackwell. Oxford, Reino Unido.
- Ellis, D. 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin* 16 (12): 459.
- El-Rayis, O. A. 1985. Re-assessment of the tritration method for determination of organic carbon in recent sediments. *Rapp. Comm. Int. Mer Méditer.* 29 (7): 45-47.
- Ferraro, S. P. y F. A. Cole. 1990. Taxonomic level and sample size sufficient for assessing pollution impacts on the Southern California Bight macrobenthos. *Marine Ecology Progress Series* 67: 251-262.
- Ferraro, S. P. y F. A. Cole. 1992. Taxonomic level sufficient for assessing a moderate impact on macrobenthic communities in Puget Sound, Washington, USA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1184-1188.
- Gambi, M. C., E. Fresi y A. Giangrande. 1982. Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Nat. Sicil.* IV-VI Supl. 3: 489-497.
- Garmendia, J. M. 1997. *El macrozoobentos submareal de la Ría de Ares y Betanzos. II. Estructura faunística. Dinámica poblacional en sedimentos arenosos. Impacto inicial de la marea negra del Aegean Sea*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela (A Coruña), España: 556 pp.
- Gaudette, H. E., W. R. Flight, L. Toner y D. W. Folger. 1974. An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *J. Sed. Petrol.* 44 (1): 249-253.
- Guitián, F. y J. Carballas. 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. Pico Sacro. Santiago de Compostela (A Coruña), España: 288 pp.
- Hulberg, L. W. y J. S. Oliver. 1980. Caging manipulations in marine soft-bottom communities: importance of animal interactions or sedimentary habitat modifications. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 1130-1139.
- James, R. J., M. P. Lincoln Smith y P. G. Fairweather. 1995. Sieve mesh-size and taxonomic resolution needed to describe natural spatial variation of marine macrofauna. *Marine Ecology Progress Series* 118: 187-198.
- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. John Wiley y Sons. Nueva York: 337 pp.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13: 131-144.
- Rainer, S. F. 1984. Polychaeta as a representative taxon: their role in function and secondary production of benthic communities in three estuaries. En: *Proceedings of the First International Polychaete Conference* (4-9 julio, 1983. Sydney, New South Wales, Australia). P. A. Hutchings (ed.): 370-382. The Linnean Society of New South Wales. Sydney.
- Rohlf, F. J. 1990. *NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Ecology and Evolution*. Universidad Stony Brook del Estado de Nueva York. Nueva York.
- Russo, G. F. y E. Fresi. 1983-84. Analisi strutturale del popolamento a molluschi nei fondi mobili del Golfo di Salerno: aspetto invernale. *Nova Thalassia* 6 (Supl.): 645-653.
- Sánchez Mata, A. 1996. *El macrozoobentos submareal de la Ría de Ares y Betanzos: Estructura biosedimentaria y dinámica poblacional. Impacto de la marea negra del Aegean Sea*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela (A Coruña), España: 628 pp.
- Shannon, C. E. y W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, Illinois, EE UU: 117 pp.
- Somerfield, P. J. y K. R. Clarke. 1995. Taxonomic levels, in marine community studies, revisited. *Marine Ecology Progress Series* 127: 113-119.
- Thorson, G. 1957. Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). *Mem. Geol. Soc. Am.* 67: 461-534.
- Warwick, R. M. 1988a. Analysis of community attributes of the macrobenthos of Frierfjord/Langersundfjord at taxonomic levels higher than species. *Marine Ecology Progress Series* 46: 167-170.
- Warwick, R. M. 1988b. Effects on community structure of a pollutant gradient-summary. *Marine Ecology Progress Series* 46: 207-211.
- Warwick, R. M. 1988c. The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Marine Pollution Bulletin* 19 (6): 259-268.
- Warwick, R. M. y K. R. Clarke. 1991. A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 71: 225-244.



# Reproductive aspects of the rose shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Gulf of Cadiz (southwestern Iberian Peninsula)

I. Sobrino<sup>1</sup> and T. García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Oceanográfica de Cádiz, Instituto Español de Oceanografía, Puerto Pesquero, s/n, Apdo. 2609.  
E-11006 Cádiz, Spain. E-mail: ignacio.sobrino@cd.ieo.es

<sup>2</sup> Centro Oceanográfico de Málaga, Instituto Español de Oceanografía, Puerto Pesquero, s/n, Apdo. 285.  
E-29640 Fuengirola, Málaga, Spain. E-mail: teresa.garcia@ma.ieo.es

Received June 2005. Accepted June 2007.

## ABSTRACT

*Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) is an abundant penaeid species which inhabits the Eastern Atlantic, from Portugal to Angola, and the Mediterranean Sea. This species is of great interest to fishermen in the Spanish waters of the Gulf of Cadiz. The present study on the reproductive cycle of *P. longirostris* was based on the analysis of monthly commercial samples and fisheries research surveys carried out in this region.

The species shows two spawning peaks throughout the year, the first peak occurring in late spring and the second one in the autumn. The larger mature females mainly spawn in the spring, whereas smaller adult females spawn in autumn. Females' cephalothorax length (CL) at first maturity was between 21.5 and 22 mm CL. In males the joining of the two sections of the petasma takes place at between 12 and 15 mm CL, being always separated at sizes lower than 11 mm CL. The size at which 50 % of males have a joint petasma was estimated at 12.9 mm CL. The spermatophoric mass on the coxae of the fifth pereopods was present from a size of 13 mm CL, the size at first maturity being estimated at 14.8 mm CL. The conditioning factor is related more to growth events than to ovarian maturation, and a relationship was found between them. Relative fecundity was estimated at 7 486 eggs/g of female, with fecundity ranging from 21 410 to 186 856 eggs. Females at the stage of both advanced ovarian development and readiness to spawn occurred at depths greater than 100 m.

**Keywords:** *Parapenaeus longirostris*, shrimp, reproduction, Gulf of Cadiz, southwestern Iberian Peninsula.

## RESUMEN

**Aspectos sobre la reproducción de la gamba blanca *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) en el golfo de Cádiz (suroeste de la península Ibérica)**

La gamba blanca *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) es un peneido abundantemente distribuido en el Atlántico oriental –desde Portugal hasta Angola– y en el Mediterráneo, y constituye un recurso primordial para un importante sector pesquero en aguas del golfo de Cádiz. Para ampliar el conocimiento sobre su ciclo reproductivo se muestrearon mensualmente las capturas comerciales y se consideraron de nuevo muestras obtenidas en otras campañas de investigación desarrolladas en la zona.

En el ciclo se distinguen dos máximos de puesta al año: el primero al final de primavera y el segundo en otoño. Las hembras más grandes realizan la puesta fundamentalmente en primavera, mientras que las de tamaños menores lo hacen en otoño. La talla de primera madurez en las hembras se sitúa entre 21,5 y 22 mm de longitud del cefalotórax (LC). En los machos, la unión de las dos piezas del petasma tiene lugar cuando

los ejemplares alcanzan entre 12 y 15 mm LC, permaneciendo aun separadas en todos los individuos de menos de 11 mm LC; la talla a la que el 50 % de los machos tiene el petasma totalmente formado fue estimada en 12,9 mm LC. La masa espermática en las coxas del quinto par de pereopodos está presente a partir de 13 mm LC, calculándose la talla de primera madurez en 14,8 mm LC. El factor de condición está más relacionado con el crecimiento en sí que con la maduración. La fecundidad relativa fue estimada en 7486 huevos por gramo de ejemplar hembra, encontrándose valores entre 21 410 y 186 856 huevos. La puesta tiene lugar a partir de 100 m de profundidad.

**Palabras clave:** *Parapenaeus longirostris*, gamba, reproducción, golfo de Cádiz, suroeste de la península Ibérica.

## INTRODUCTION

The rose shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) is one of the three species included in this genus, which inhabits the Atlantic Ocean (Pérez-Farfante and Kensley, 1997). It has a wide geographic distribution, from the eastern Atlantic north of Spain (Olaso, 1990) to the southern waters of Angola (Crosnier, De Bondy and Lefevre, 1968), as well as in the Mediterranean and its adjacent seas (Thyrrhenian, Adriatic, Aegean, and the Sea of Marmara) (Karlovac, 1949; Maurin, 1960; Massutí, 1963; Audouin, 1965).

The bathymetric range of the rose shrimp in the Gulf of Cadiz is between 28 m and 650 m (Sobrino, 1998), similar to that described by different authors in the Mediterranean: 40-500 m (Audouin, 1965), 20-750 m (Tom, Gorem and Ovadia, 1988), 100-500 m (Ardizzone *et al.*, 1990). However, in the African Atlantic waters, this species seems to present a more restricted bathymetric range. It is found between from 20-400 m in the Gulf of Guinea, according to Sobrino and Fernández (1991), and between 50-500 m off the Congo (Crosnier *et al.*, 1970), as well as in the rest of tropical Africa (Crosnier and Forest, 1973). In Senegalese waters, it has not been recorded at depths over 500 m (Lopez Abellan, pers. com.), whereas in Mauritanian waters; its range is from 50-400 m (Diop, pers. com.). Finally, Sobrino and De Cardenas (1996), did not find this species at depths of more than 400 m in the waters off Angola.

The greatest densities, in terms of biomass, have been recorded by different authors between 100 and 300 m depth. In the Mediterranean, Frogliá (1982) found its greatest abundance between 200 and 350 m, whilst Ardizzone *et al.* (1990) found the highest densities in the range of 150-350 m. Crosnier *et al.* (1970) registered the greatest densities in the waters off Congo, between 200 and 300 m, while Sobrino and De Cardenas (1996)

found them concentrated in shallower waters (100-200 m).

This species is the main target species of a large fishing fleet working in the Eastern Atlantic. The principal fishing grounds are to the south of Spain and Portugal (Pestana, 1991, Sobrino *et al.*, 1994), as well as in areas off Morocco, Mauritania, Senegal, Guinea-Bissau, Gabon and Angola (Cervantes and Goñi, 1986; Cervantes *et al.*, 1991, Sobrino and García, 1991; 1992a,b). In spite of the fact that this species has a high economic value, research on its reproductive aspects in the Atlantic is scarce. The main objective of the present paper is to describe the some aspects related to this species' reproduction in the Gulf of Cadiz, such as its reproductive cycle, fecundity, and reproductive behaviour.

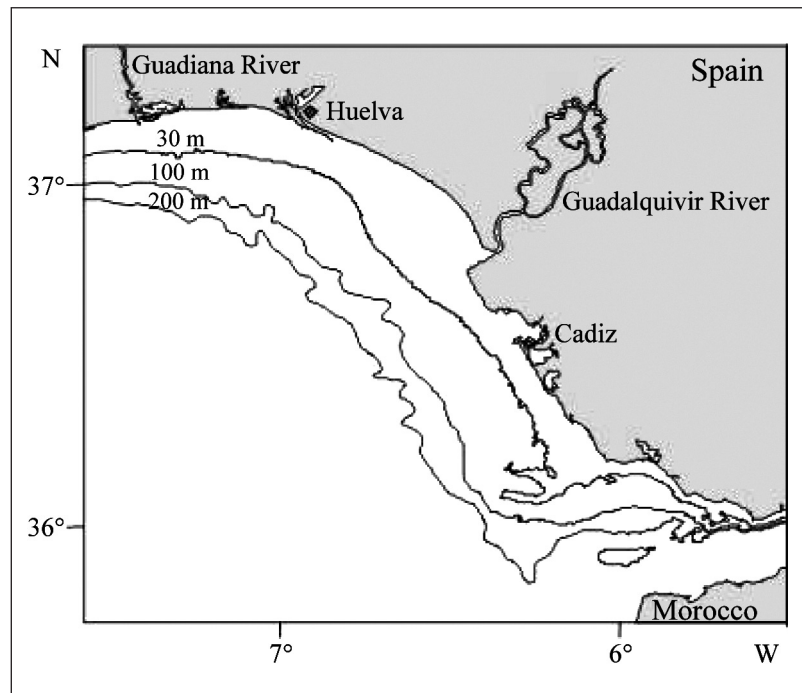
## MATERIALS AND METHODS

The information used to elaborate the present study originates from two different sources: one, from monthly sampling (stratified by commercial categories) of the commercial landings in the ports of Huelva; Sanlúcar and Puerto Santa María (southern Spain), and the other, from fishery research surveys carried out in the shelf and slope region between the meridians 6° 15' W and 7° 20' W; beyond this, the composition of the seabed varies in such a manner as to make trawling operations impossible (figure 1). The methods applied and the parameters measured were the following:

Cephalothorax length (CL), taken from the ocular orbit to the posterior margin of the cephalothorax (0.1 mm); sex; weight (0.1 g); and the maturity stage, according to the following scale:

- Females: A four-stage maturity scale based on the macroscopic observation of the gonad (size and colouring) has been applied

Figure 1. Spanish South Atlantic Region (Gulf of Cadiz)



(Sobrino, 1998). This scale was validated by visualising through microscopic observation the gonads of specimens from sizes ranging between 18.4 and 26.7 mm. The gonad samples were extracted from three different levels (cephalic lobe, abdominal lobe to the level of the first segment and the abdominal lobe to the level of the fifth segment). The samples were embedded in hydroxyethyl methacrylate and stained with toluidine blue.

- Males: A maturity scale of two stages was applied (immature and mature) based on the presence or absence of spermatid mass in the coxae of the fifth pair of pereopods. The formation of the petasma (separate or joint) was, moreover, followed as a secondary sexual characteristic (Demestre, 1990).

The size-weight relationship by sex has been tested with a one way anova fitted to a power function ( $\text{Weight} = a \text{ CL}^b$ ).

The detection of the spawning season was done by analysing the evolution of the different maturity stages. In the case of females, they were treated in two different size ranges, from 20 to 25 mm and those over 25 mm. Within the first range of sizes, the specimens that were maturing for the first time were included. In this manner, by eliminating specimens smaller than 20 mm, the errors produced by

the inclusion of virgin stages are decreased; however, in the second range of sizes, those specimens which possibly had realised a previous spawning process were included. The specimens which were at stages III and IV were considered potentially mature.

For the condition factor study, the indices applied were those described by Le Cren (1951) ( $\text{FC}_1$ ) and defined by Kartas and Quignard (1984) ( $\text{FC}_2$ ).

$$\text{FC}_1 = \frac{\text{WF}}{a \text{ CL}^b}$$

$$\text{FC}_2 = \frac{\text{WF}}{\text{CL}^3} 10^n$$

where WF corresponds to fresh weight, CL to the cephalothorax length, a and b to the parameters of the size-weight relationship and, n corresponds to the exponential value used to reduce the decimal numbers.

The relation between condition factor and maturity has been analysed, testing its variations with size and with regard to its maturity stage by means of one-way anova, and examining its inequalities with the Bonferroni test.

The size at first maturity has been estimated in females by analysing the specimens during the detected spawning season, comparing immature spec-

imens (stage I) with mature ones (stages III and IV). The sexually developing specimens (stage II) were not considered due to the growth processes, which occurs during gonadal maturation (Sobrino and García, 1994). The fraction of mature individuals by size intervals were fitted to a logistic function by means of a least-squares fit, previously doing a logarithmic transformation to a linear fit:

$$p_i = 1 - \frac{1}{1 + e^{A + B \text{CL}}} \Rightarrow \ln \frac{p_i}{1 - p_i} = A + B \text{CL}$$

where,  $p_i$  is the percentage of mature specimens in the size interval  $i$ ; CL is the cephalothorax length (mm) and A, B the constants of the equation, and thereby, estimating with these equations, size at first maturity ( $L_{50}$ ) and size at massive maturation ( $L_{90}$ ).

In the case of males, the immature specimens were comparing with the mature ones, and the separate petasma with the joined petasma.

The fecundity study was done with 46 females in advanced maturity stages (III and IV) covering a wide size range (from 21.8-34.2 mm CL). The collected individuals were conserved in buffered formaldehyde at 10% (Guitart, González and Reyes, 1982). Once in the laboratory, data on the measurements of CL (to the mm), total weight (to a hundredth gram precision) and gonadal weight (to a thousandth gram precision) were taken. All the samples of the gonads were taken from first abdominal segment because no morphological differences were observed in the histological study of the different sections of the ovary, as described in similar studies (Cummings, 1960; Martosubroto, 1974; Rodríguez, 1981). The samples of 0.1 g were fixed in Gilson's fluid modified by Simpson (1951), and maintained during a minimum of one month to achieve a complete segregation of the oocytes (by dissolving connective tissue). During the preservation period, the samples were agitated periodically to facilitate the oocyte segregation. The oocytes were totally separated from the ovary and the connective tissue by means of laboratory needles under a binocular microscope. Once completely segregated, the oocytes were conserved in 100 ml of buffered formaldehyde at 4% for their eventual count and measurement.

The volumetric method of Martosubroto (*op. cit.*) was used to estimate the total number of oocytes in a sample. The sample was homogenised

through a magnetic agitator and an aliquot of 5 ml was extracted from the sample. All the opaque oocytes in the aliquot were counted and measured through a profile projector.

The absolute fecundity defined as the total number of oocytes shed by a female during a spawning event (Bagenal, 1975; Khmeleva and Goloubev, 1986) was estimated using the equation  $F = X A$ , where X is the number of oocytes in the 5 ml aliquot and

$$A = \frac{20 (\text{Gonad weight})}{\text{Sample weight}}$$

In order to study the relationship between absolute fecundity with the somatic variables, such as size or total weight, different models were tested (linear, potential and exponential functions). The model, which showed the highest regression coefficient ( $r^2$ ), was chosen as the most appropriate.

The relative fecundity is defined as the number of oocytes shed in one spawning event by gram of the specimen. Nikolsky (1969), Alheit and Alegre (1986), and Balguerías Guerra (1995) indicate that one fraction of ovary weight to fresh weight in fish can vary considerably in relatively short time periods, depending on the degree of hydration of oocytes. Consequently, this can cause an important source of bias in the estimation of relative fecundity. Nevertheless, in *P. longirostris* the weight of the gonad represented a maximum 6-7% of the total weight, and consequently, it cannot be considered important in the estimation of relative fecundity.

For reproductive behaviour in relation to spatial coverage, we have used the data collected in different research trawl surveys carried out in the study area. Since 1993, a total of eight surveys were conducted: two surveys during autumn 1993 and 1998, and the remaining during end of winter beginning of spring. All the surveys were carried out on board the R. V. *Cornide de Saavedra*. A random stratified sampling for depth was applied in the surveys and using a cod end of 20 mm. The trawls had a standard duration of one hour (figure 1).

## RESULTS

Table I presents the number of specimens sampled from the commercial landings (monthly sam-

Table I. Sampled specimens with indication of source (commercial landing and survey) and year

Sex	Commercial 1994	Survey							
		03-1993	10-1993	03-1994	03-1995	04-1996	02-1997	11-1997	03-1998
Females	2 903	254	500	232	747	927	776	528	881
Males	2 128	455	455	611	758	570	678	479	627

pling, Gulf of Cadiz), as well as, from the different research surveys.

The ancova analysis showed significant differences in the size-weight relationship by sex ( $p < 0.05$ ). The results obtained in the fits by sex are shown in table II.

### Evolution of Maturity

The histological observations of the different sections of the ovary did not show differences with regard to type and amount of present oocytes. It can be concluded that the oogenesis occurred independently and simultaneously in the different gonadal sections. On the other hand, there were clear differences between the proportion of previtellogenic oocytes and vitellogenic oocytes in the different maturity stages assigned with the macroscopic observations. There was a great similarity between them from the histological point of view in stages III and IV. This led us to treat jointly both stages.

Figure 2 shows the seasonal distribution of the different maturity stages, monthly, by sex and size class. Two spawning peaks occur; the larger females (CL > 25 mm) contribute to the first spawning peak during late spring (June), whereas, during autumn (October), the whole female spawning population (including females of sizes below 20 mm) contribute to the most important spawning peak. The males, however, remain mature throughout the year.

### Condition Factor

The condition indices corresponding to the different size ranges were estimated (figure 3a). The anova test showed inequality between the means with respect to Le Cren's index ( $FC_1$ ). However, when applying the Bonferroni test, the means did not show differences until attaining a size of 28 mm CL; but, over this size range, the

means were significantly different. The results obtained in the anova with the Kartas and Quignard index ( $FC_2$ ) showed differences in the mean values. All the mean values were different (Bonferroni test), showing a continuous decrease of these values at increasing sizes (figure 3a). These results indicate a greater independence in relation to size with Le Cren's index ( $FC_1$ ), and thus are considered as the most suitable for this analysis.

The mean values of both indices in relation to the maturity stage are shown in figure 3b. Le Cren's index ( $FC_1$ ) increases significantly different with the maturity stage. However, Kartas and Quignard's index ( $FC_2$ ) maintains significant similar values ( $p > 0.05$ ). These results show the relationship between maturity and the  $FC_1$ , as well as the absence of relationship between the  $FC_2$  index and the ovarian maturation.

From the results obtained, Le Cren's index was selected for the temporal evolution analysis due to its positive relationship with maturation, as well as, its independence with size.

The monthly evolution of this index presents two peaks, one occurring in April-May and another one in November. A major decrease is observed in December (figure 4), showing a different situation to the one obtained with the maturity stages (figure 2). Due to these discrepancies, the monthly evolution by maturity stage has been represented only for females (figure 5a). The same maturity stage tendencies appear. Analysis of variance shows significant differences of the  $FC_1$  value for stage I between the different months. This can be an anomalous situation if this index was to be only representative of the maturity stage. Thus, we consider that this index is more related to growth events (possibly related to seasonal moults) than to ovarian maturation.

In the case of males (figure 5b), an evolution similar to that of females is observed throughout the year. This verifies the greater relationship of this index with growth events rather than with its reproductive seasonally.

Table II. Parameter estimates by sex in the cephalothorax length CL (mm)-weight (g) relationship (Weight = a CL<sup>b</sup>; r<sup>2</sup> coefficient of determination)

Sex	a	b	r <sup>2</sup>	n
Males	2.269 10 <sup>-3</sup>	2.563	0.910	2535
Females	1.911 10 <sup>-3</sup>	2.636	0.891	1095

**Size at first maturity**

Based on the knowledge of the spawning season of females, the estimation of the values for the maturation function has been made with the values obtained during the spawning period. In the case of

males, due to their possibility of spawning throughout the year, the data acquired are from commercial landings of every month, as well as, those obtained during the survey of March, 1998.

Table III presents the values obtained both from females and males. Size at first maturity for females was 22.2 mm CL, while for males, this value was 15 mm CL, with certain variations in function of the data source.

In males, the union of the two pieces of the petasma takes place between 12 and 15 mm CL. These are always separated in sizes lower than 11 cm CL. The size at which 50 % of males have a joint petasma was estimated at 12.9 mm CL. The sper-

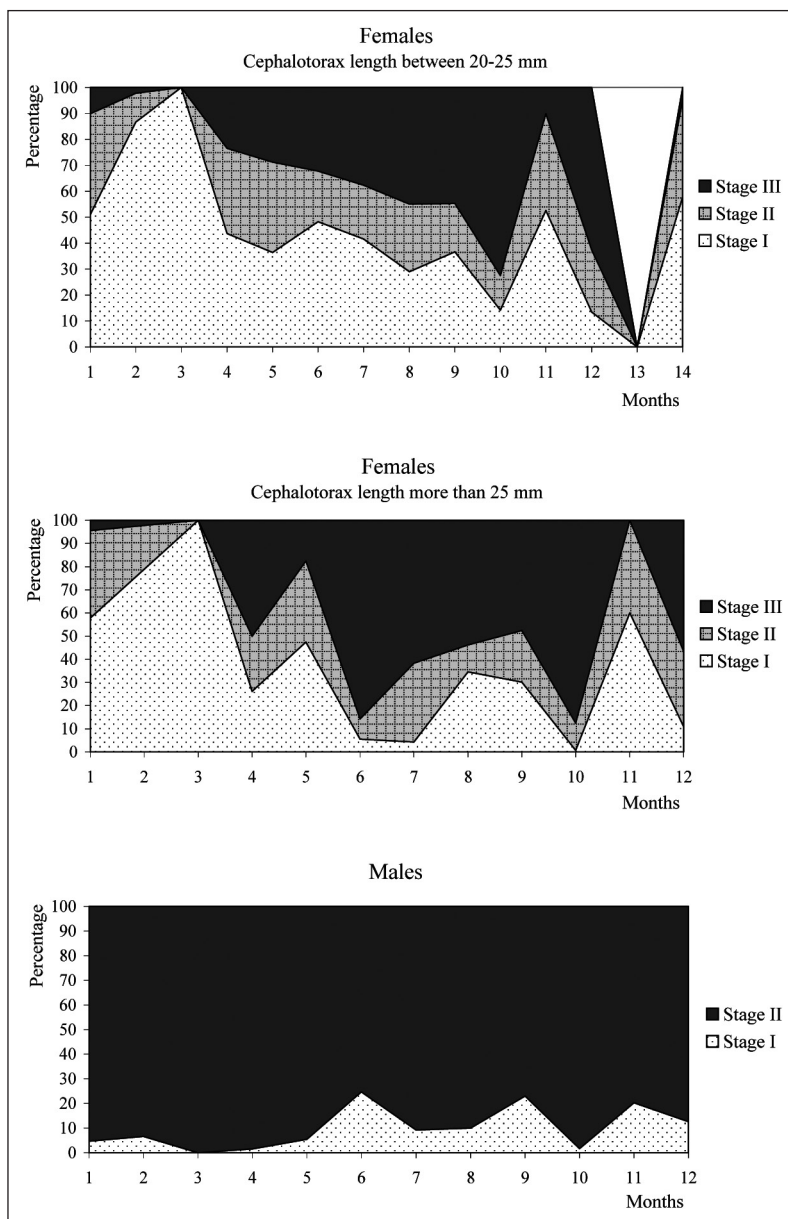


Figure 2. Evolution of female and male maturity stages



Table III. Maturity curves parameters for males and females from commercial landings and surveys

Parameters	Commercial		Survey 1993 Males	Survey 1994 Males	Hemipetasma joined
	Females	Males			
a	-6.25	-17.74	-12.6	-21.21	-20.76
b	0.28	1.10	0.79	1.44	1.60
L <sub>50</sub>	22.2	16.2	15.9	14.7	12.9
L <sub>90</sub>	30	18.2	18.7	16.3	15.2
r <sup>2</sup>	0.86	0.71	0.83	0.90	0.91
n	2903	2128	455	611	627

matophoric mass on the coxae of the fifth pereopods was present from a size of 13 mm CL. The size at first maturity was estimated at 14.8 mm CL (figure 6; table II).

**Fecundity**

Absolute fecundity varied from 21 410 eggs for a female of 25.4 mm CL and 186 856 for a female of

34.2 mm CL. The total mean value was 87 766, registering a rather high standard deviation of 34 079, resulting in a coefficient of variation of 39 %. The mean relative fecundity for *P. longirostris* was 7,486 eggs/g, with values ranging from 2 048 eggs/g and 13 371 eggs/g (table IV).

The relationship of size and weight with absolute fecundity was fitted to a linear function, although very little differences existed between the determination coefficients. Fecundity increases propor-

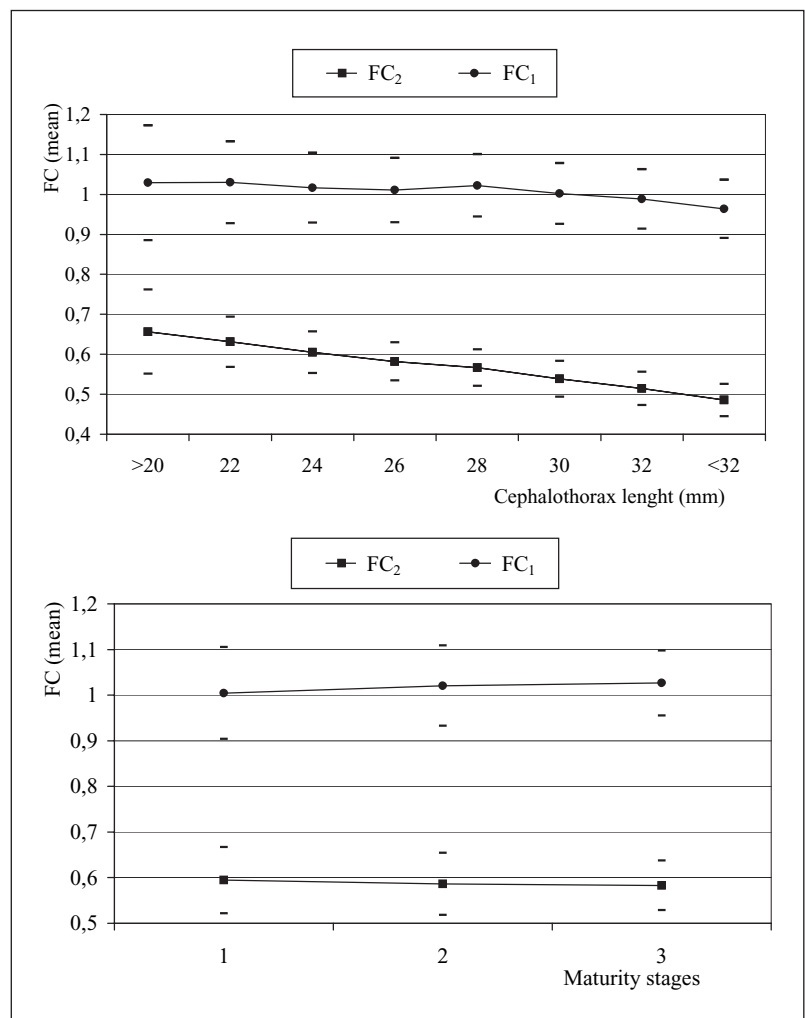


Figure 3. Condition factor by cephalothorax length and by maturity stages for females. Mean values ( $\pm$  standard deviation)

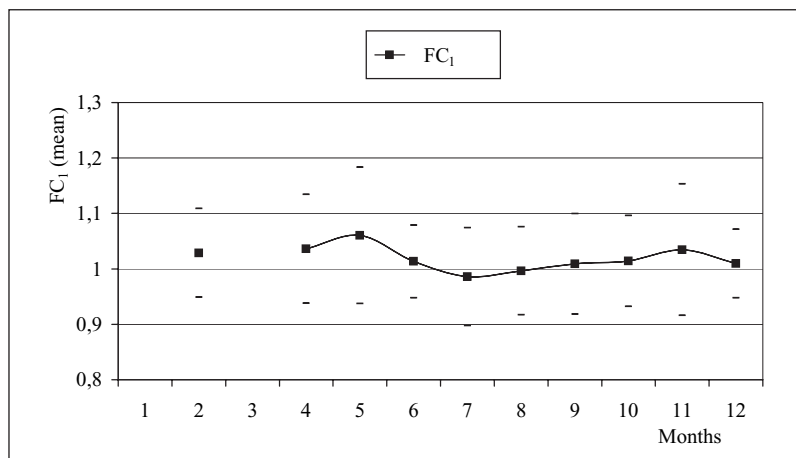


Figure 4. Monthly evolution of condition factor for females. Mean values ( $\pm$  standard deviation)

tionally to size as shown in figure 7a, increasing approximately 10 000 eggs for each mm of CL. Figure 7b shows the equation obtained from the weight to absolute fecundity relationship. Fecundity is directly proportional to body weight, increasing approximately 9 500 eggs per gram ( $b = 9\,528.02$ ).

Figure 8 shows the size frequency distribution of the diameter of the oocytes measured in this study. It presents a unimodal distribution with values ranging from 120 and 390  $\mu$ m and a mean size of 250  $\mu$ m.

### Spatial reproductive behaviour

The percentage of maturity stages of individuals potentially mature of each depth stratum sampled in the surveys is represented in figure 9. It can be observed that in the shallow strata (less than 100 m), females in advanced stages of maturation are practically non-existent; thus, the major fraction is composed of immature specimens. This situation varies with depth, producing an increase of mature females in the deeper bathymetric strata. In the

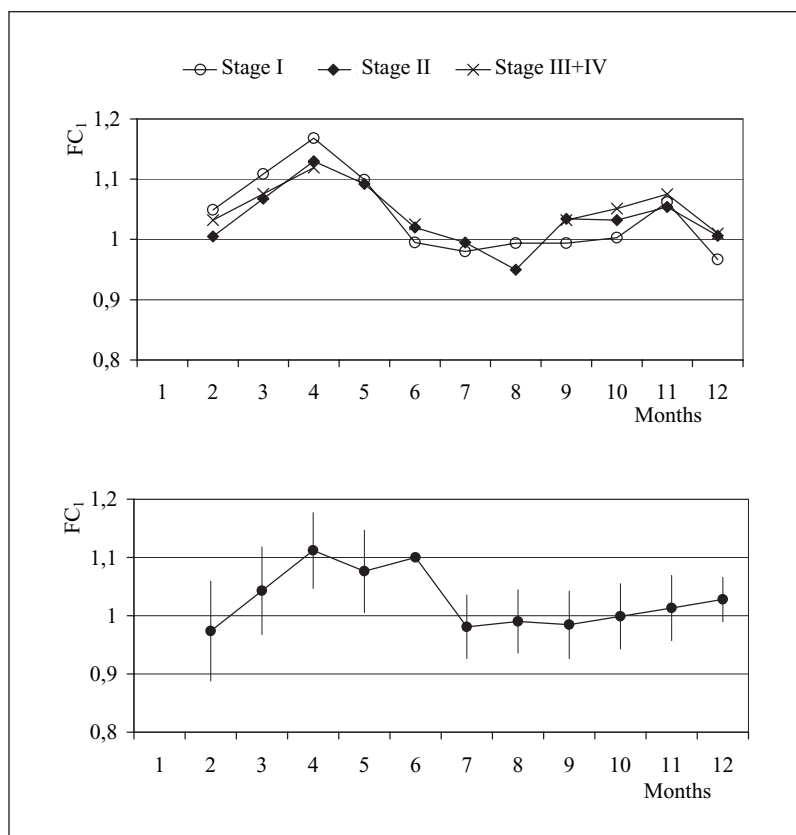
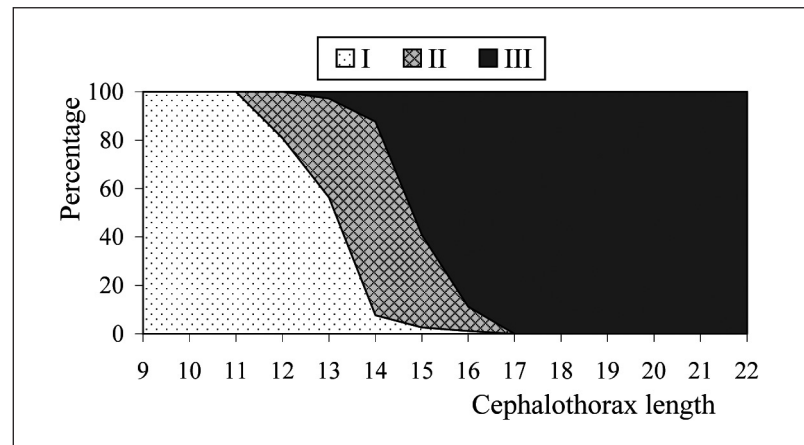


Figure 5. Monthly evolution of condition factor ( $FC_1$ ) by maturity stages for females (a) and males (b). Mean values ( $\pm$  standard deviation)

Figure 6. Evolution of the joining of the two pieces of the petasma and presence of the spermatophoric mass on the coxae of the fifth pereopods by cephalothorax length. (I): Separated petasma. Spermatophoric mass no present. (II): Joint petasma. Spermatophoric mass no present. (III): Joint petasma. Spermatophoric mass present



case of males, the only strata in which immature specimens are present is in the shallow stratum (less than 100 m). In the rest of the deeper strata, practically the whole male population is mature. No differences were observed in the surveys carried out during March (non-reproductive period) in comparison with those carried out during October (spawning period).

## DISCUSSION

In the histological examination of the gonads at advanced stages of maturation, only on one occasion we did detect the presence of peripheral corpuscles, which are related to spawning events, as observed by other authors (Medina *et al.*, 1996; Tom, Goren and Ovidia, 1987; Yano, 1988). The implementation of maturity scales based on the macroscopic observation of the gonads has been used widely in different penaeids –Ragonese and Bianchini (1995) in *Aristaeomorpha foliacea* (Risso, 1827); Rodríguez (1985) in *Penaeus kerathurus* (Forsk., 1775); Sardá and Demestre (1987) in *Aristeus antennatus* (Risso, 1816)–, as well as, on the present species (Ribeiro-Cascalho and Arrobas, 1983, 1987; Sobrino and García, 1994). However, as Cummings (1960) points out, “the ripe stage can

be distinguished from the nearly ripe stage only by the presence of a characteristic margin of peripheral rod-like bodies”. For this reason, although the macroscopic examination of the gonads always find mature females throughout the whole year, a continuous spawning cannot occur as other authors indicate, because spawning events should happen in determined periods of the year.

*P. longirostris* follows a reproductive pattern of two spawning peaks in the study area. The first one, occurring in late spring corresponds to individuals of higher ages, and the other one, in autumn, in which these older individuals spawn together with those that spawn for the first time. This is a similar situation as observed by Ribeiro-Cascalho and Arrobas (1983, 1987) south of Portugal, and by Sobrino and García (1994) in the Atlantic waters off Morocco. These authors obtained two spawning peaks (June and October), similar to the findings off the Gulf of Cadiz. Similarly, Crosnier *et al.* (1970) defined a spawning peak between April and May and less important one between September and October for this species in the waters off Congo.

The studies carried out in the Mediterranean show certain differences among them. Held (1954) describes one sole spawning peak between April and November in Tunisian waters, while Drobisheva

Table IV. Relative and absolute fecundity values by size (mm) and weight range (g). (sd): standard deviation

	Cephalothorax Length	Total Weight	Gonadal Weight	Absolute Fecundity no.	Relative Fecundity no.
Maximum	34.20	20.18	1.69	186 856	13 371
Minimum	21.80	6.72	0.27	21 410	2 048
Mean	26.74	11.54	0.79	87 766	7 486
sd	2.60	2.77	0.27	34 079	1 902

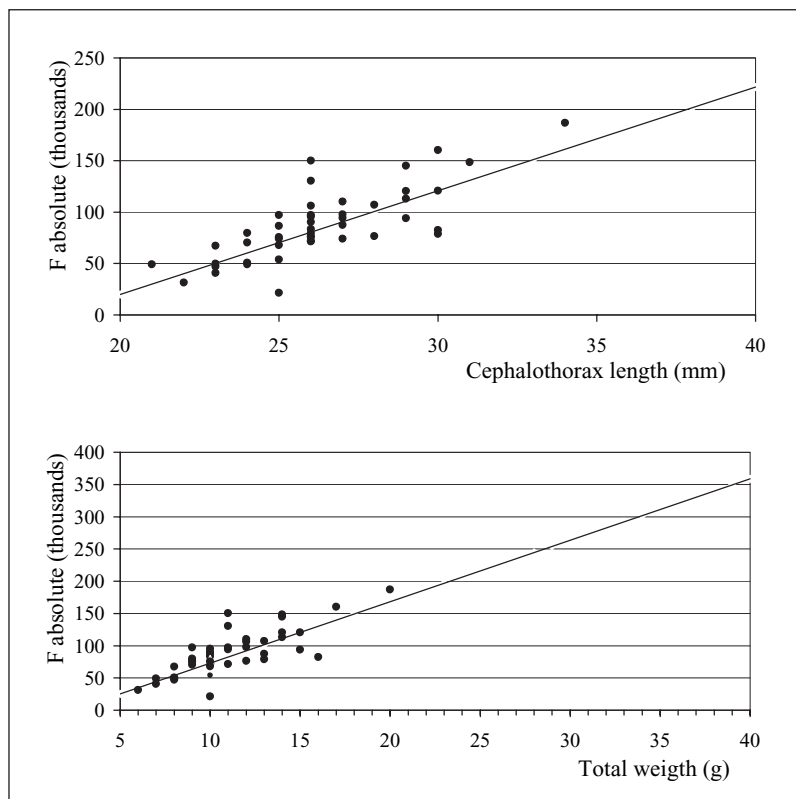


Figure 7. Relationship between absolute fecundity and cephalothorax length ( $a = 18\,201$ ;  $b = 10\,090$ ) and between absolute fecundity and total weight ( $a = 22\,194$ ;  $b = 9\,528$ )

(1970) only finds mature females in spring in the Egyptian coast. In the coasts of Italy, Levi, Andreoli and Giusto, 1995; D’Onghia, Maiorano and Mastrototaro (1998) describe a continuous spawning throughout the year, using a scale of macroscopic observations of the female gonads. Finally, Tom, Goren and Ovadia (1988), in the waters off Israel, relates oogenesis with the temperature and distinguishes different reproductive periods in function of depth. In shallow waters (between 47-73 m), the reproductive activity is continuous, while in

deeper waters, spawning ceases during the period from June to August.

In the Gulf of Cadiz area, this species presents two spawning peaks over the year, one in the late spring and another in early autumn. This hypothesis is supported by the size frequency distributions obtained from the surveys. In the trawl surveys, a cod-end cover was used; thus, the catch was representing all the size fractions of the population. On the other hand, the whole bathymetric range in which this species is present (30-700 m) was cov-

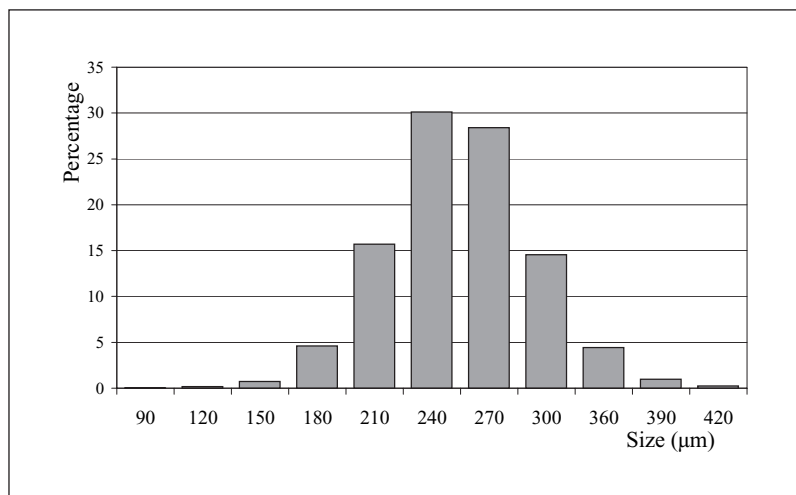


Figure 8. Oocyte size distribution

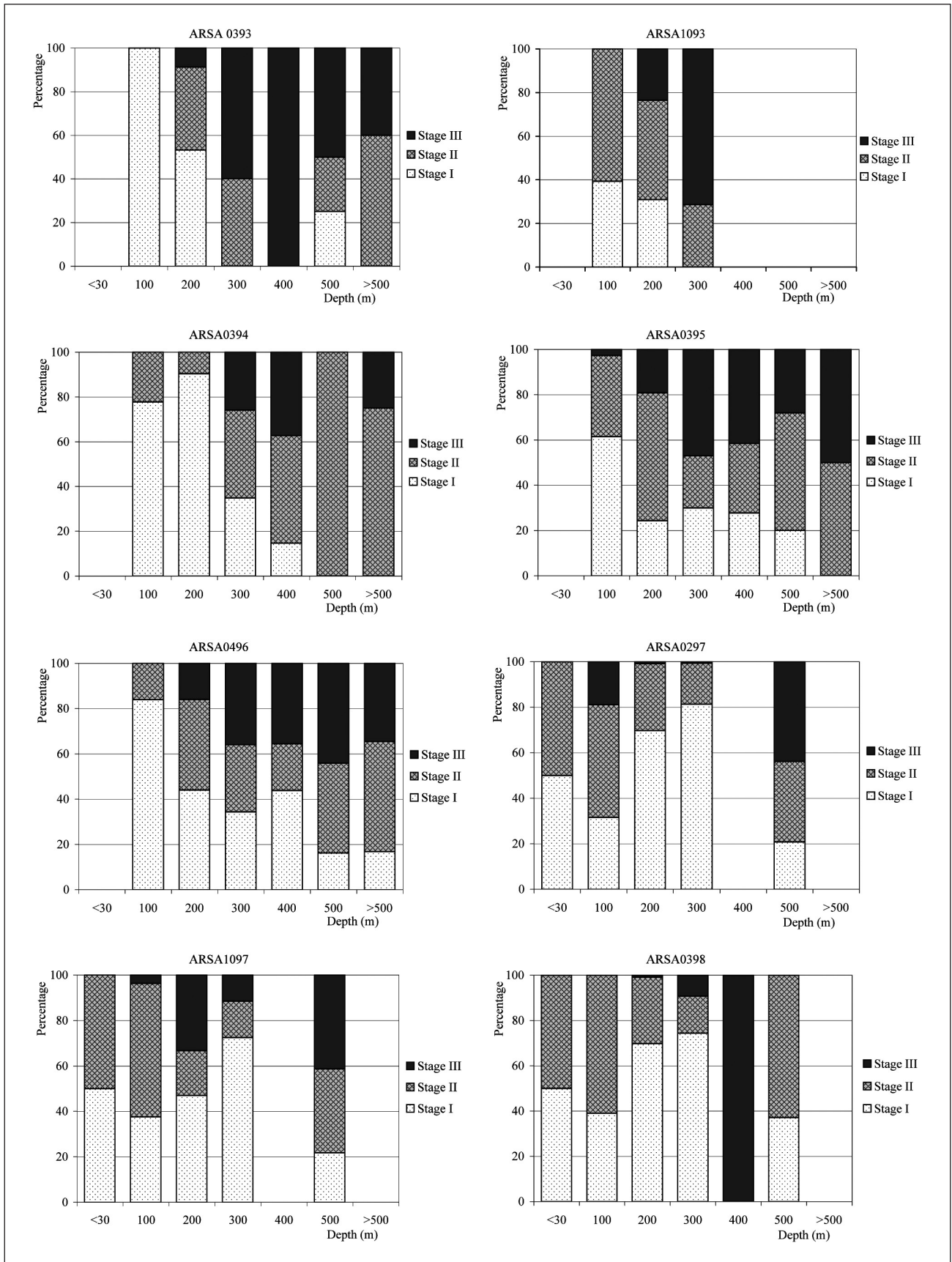


Figure 9. Proportion of sexual maturity stages in females by depth stratum

ered. The size distributions have a first and clear normal component. The mean size varied in function of the season in which the surveys were carried out. The mean size corresponds to a cohort. This situation would not be the case if a continuous spawning were occurring, in which the size distributions would be characterised by the presence of microcohorts.

The value of size at first maturity for the present study is noticeably lower than those obtained in other areas by other researchers. Ribeiro-Cascalho and Arrobas (1987) estimate a size at first maturity of 26 mm CL off southern Portugal, while Sobrino and García (1994), in Moroccan Atlantic waters, obtained values ranging from 24.5 to 27.7 mm CL. In the Gulf of Guinea, based on the results of a survey Sobrino and Fernández (1991), a size at first maturity of 25.5 mm CL has been estimated, although these authors pointed out that the non-exploited characteristic of this resource could have an influence on the reproductive behaviour of this species. However, Crosnier *et al.* (1970) calculated a size at first maturity of 22 mm in the waters off Congo, a very similar value to the estimate of Sobrino and Cardenas (1996) in the waters off Angola (21.6 mm), and of De Ranieri, Mori and Sbrana, 1998 in Mediterranean waters (21.5 mm CL).

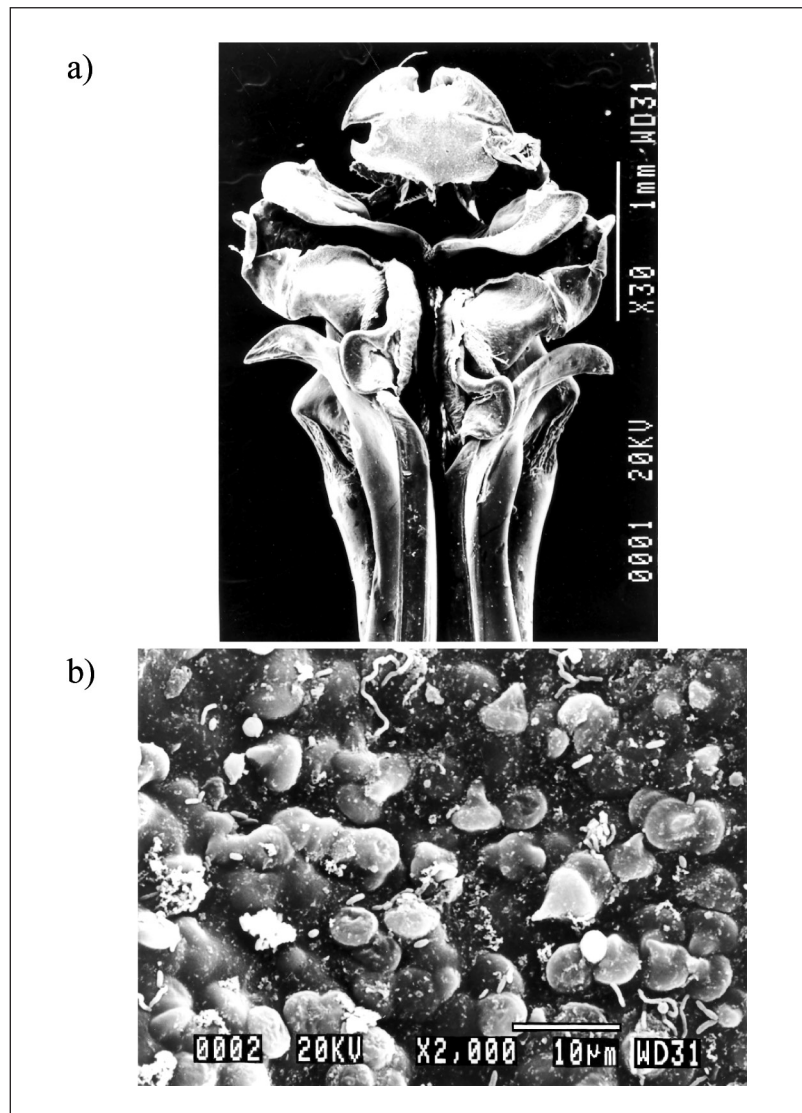
In the case of males, the absence of such studies makes it impossible to carry out a comparative analysis. Nevertheless, it would be logical for males to have a lower size at first maturity than females, due to their lower growth rates. Likewise, the size at formation of the petasma of 12.9 CL and the size at first maturity of 14.8 CL is in agreement with the function that the petasma fulfils. Heldt (1938) pointed out that the petasma's role in *P. longirostris* is to transfer spermatid mass, illustrated with a photograph, which depicts the spermatid mass in the extreme of the petasma. However, Pérez-Farfante (1982) casts doubt on this function, because he had never observed it in thousands of specimens examined of the species *Parapeneus politus* Smith, 1881. Without any doubt, the fixation of spermatid mass in the petasma is rather weak, and consequently, can be lost during the strain caused by the fishing procedure. Thus, the possibility of observing males with spermatid mass in the petasma is rather unlikely. In our case, after the examination of several thousand specimens from the Spanish South Atlantic, as well as, from the African Atlantic, only one male presented spermatid mass (figure 10).

The absolute fecundity values obtained for *P. longirostris* were highly variable. This fact was already remarked by Khmeleva and Goloubev (1986), who observed that many crustaceans have highly variable absolute fecundity values, even in females of similar size. Our estimates are lower than those of Heldt (1938), who estimated 150 000 to 400 000 eggs for Tunisian waters, and more in agreement with the estimates of De Ranieri, Mori and Sbrana (1998), who found 24 000-205 000 eggs in the northern Tyrrhenian Sea.

With regard to the size of oocytes, those found in the present study fall within the range found by other authors, such as Crosnier *et al.* (1970), who found a mean size of 280  $\mu$ m, while Heldt (1938) reported a mean size of oocytes close to be spawning that ranged from 230 to 238  $\mu$ m for Tunisian waters. Lastly, Tom, Goren and Ovadia (1988) defined a mean oocyte size ranging from 272-300  $\mu$ m in the waters off Israel.

The reproductive behaviour of this shrimp in relation to its bathymetric distribution shows a clear segregation of the different maturity stages. Females in advanced stages of maturity or imminently spawning are found at depths of more than 100 m. In shallower bottoms, these females are practically absent. This behaviour has been described for other areas. In the Mediterranean (Tyrrhenian Sea), Mori, Belcari, and Biagi, 1986 localised the reproductive zone in bottoms between 150 and 300 m, while in the Gulf of Guinea, it is at depths of more than 200 m (Sobrino and Fernández, 1991), and in the waters off Angola, they are concentrated between 100 and 400 m in depth (Sobrino and De Cárdenas, 1996). However, these results differ from those of Tom, Goren and Ovadia (1988), who found, in the waters off Israel, constant spawning activity at depths from 47-73 m, relating this to the water temperature, and suggesting that the temperature of 16°C could be the cut-off for a decline of spawning activity. In the Gulf of Cadiz, within the bathymetric range in which mature females are found (100-400 m), the water temperature varies from 16.5°C at depths from 100-200 m, decreasing over these depths to 14°C at 300 m and to 13°C at greater depths. These results are more in line with those proposed by Ghidalia and Bourgois (1961), who found a correlation between the abundance of shrimp and the water temperatures, suggesting a minimum temperature of 13.5°C and optimal temperatures between 14 y 15°C.

Fig 10. Spermatic mass (sm) in the extreme of the petasma (a). Spermatic mass in detail showing the presence of spermatozooids (arrow head) (b)



## REFERENCES

- Alheit, J. and B. Alegre. 1986. Fecundity of Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. *ICES Pelagic Fish Committee* H:60: 12 pp.
- Ardizzone, G. D., M. F. Gravina, A. Belluscio and P. Schintu. 1990. Depth-size distribution pattern of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Decapoda) in the Central Mediterranean Sea. *Journal of Crustacean Biology* 10 (1): 139-147.
- Audouin, J. 1965. Répartition bathymétrique des crevettes sur les côtes algériennes entre les îles Zaffarines et les îles Habibats. *Rapports et Proces-Verbaux des Reunions. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* 18: 171-174.
- Bagenal, T. B. 1975. Fish fecundity and its relations with stock and recruitment. *Rapports et Proces-Verbaux des Reunions. Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 164: 186-198.
- Balguerías Guerra, E. 1995. *La pesca de los costeros canarios en el banco sahariano: antecedentes históricos y situación actual.*
- La chopa*, *Spondylisoma cantharus* (Linnaeus, 1758), como ejemplo de aplicación de métodos simples para la evaluación de stocks en la pesquería artesanal canaria. Ph.D. thesis. University of La Laguna (Santa Cruz de Tenerife), Spain. *Microfichas. Instituto Español de Oceanografía* 6: 382 pp. + 3 maps.
- Cervantes, A. and R. Goñi. 1986. Resumen de los datos de base y parámetros biológicos de la pesquería de gamba en la división 34.1.1. de CEE/CAF. *COPACE/PACE Ser.* 86/33: 157-164.
- Cervantes, A., I. Sobrino, A. Ramos and L. Fernández. 1991. Descripción y análisis de los datos de las pesquerías de merluza y gamba de la flota española que faenó al fresco en África noroccidental durante el periodo 1983-1988. *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 111: 85 pp.
- Crosnier, A., E. de Bondy and S. Lefevre. 1968. Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique inter-tropicale. Etat de nos connaissances sur leur biologie et leur pêche en juillet 1967. *Collection Initiations Documentations Techniques. ORSTOM* 7: 60 pp.

- Crosnier, A., A. Fontana, J. C. Le Guen and J. P. Wise. 1970. Ponte et croissance de la crevette Peneide *Parapenaeus longirostris* (Lucas) dans la region de Pointe-Noire (Republique du Congo). *Cahiers ORSTOM. Serie Oceanographie* 8: 89-102.
- Crosnier, A. and J. Forest. 1973. Les crevettes profondes de l'Atlantique oriental tropical. *ORSTOM. Fauna Tropicale* 19: 1-409.
- Cummings, W. C. 1960. Maturation and spawning of the pink shrimp, *Penaeus duorarum*. *Transactions of the American Fisheries Society* 90: 462-468.
- Demestre, M. 1990. *Biología pesquera de la gamba Aristeus antennatus (Risso, 1816) en el mar catalán*. Ph.D. thesis. University of Barcelona. Barcelona, Spain: 443 pp.
- De Ranieri, S., M. Mori and M. Sbrana. 1998. Preliminary study on the reproductive biology of *Parapenaeus longirostris* (Lucas) off the northern Tyrrhenian Sea. *Biol. Mar. Mediterranea* 5 (1): 710-712.
- D'Onghia, G., P. Maiorano and F. Mastrototaro. 1998. Observations on the spawning of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the middle-eastern Mediterranean Sea. In: *Proceeding and Abstracts. Fourth International Crustacean Congress* (July 20-24, 1998. Amsterdam): 193 pp.
- Drobisheva, S. S. 1970. Study on the biology of shrimp in the south-east part of the Mediterranean Sea with the aim to determine the perspective of fishery. *Trudy Azovo-Chernomorsk. Nauchno-Issled Inst. Morsk. Rybn. Khoz. Oceanogr.* 30: 173-208.
- Frogliola, C. 1982. Contribution to the knowledge of the biology of *Parapenaeus longirostris*. *Quaderni del Laboratorio di Tecnologia della Pesca* 3 (2-5): 163-168.
- Ghidalia, W. and F. Bourgois. 1961. Influence of temperature and light on the distribution of shrimp in medium and great depths. *Studies and Reviews. General Fisheries Council for the Mediterranean* 16: 1-53.
- Guitart, B., C. González and R. Reyes. 1982. Estudio comparativo de la fecundidad del camarón rosado (*Penaeus notialis*) en áreas de la plataforma sur de Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 7 (4): 65-92.
- Heldt, J. H., 1954. Les fonds à *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) des mers tunisiennes. *Bull. Stat. Ocean. Salambó* 47: 11-22.
- Heldt, J. H. 1938. La reproduction chez les crustacés décapodes de la famille des pénéides. *Annales de l'Institut Oceanographique. Fondation Albert I. Musée Oceanographique Monaco* 18: 31-206.
- Karlovac, O. 1949. Le *Parapenaeus longirostris* (H. Lucas, 1846) de la haute Adriatique. *Acta Adriatica* 3 (12): 407-416.
- Kartas, F. and J. P. Quignard. 1984. *Collection de Biologie des Milieux Marin* 5. *La fecondité des poissons téléostéens*. Masson. Paris: 121 pp.
- Khmeleva, N. N. and A. P. Goloubev. 1986. *La production chez les crustacés rôle dans les écosystèmes et utilisations*. Ed. Ifremer: 198 pp. ISBN: 2-905434-09-0.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20 (2): 201-219.
- Levi, D., M. G. Andreoli and R. M. Giusto. 1995. First assessment of the rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the central Mediterranean. *Fisheries Research* 21: 375-393.
- Martosubroto, P. 1974. Fecundity of pink shrimp *Penaeus duorarum* Burkenroad. *Bulletin of Marine Science* 24 (3): 606-627.
- Massutí, M. 1963. La pêche des Crustacés aux Balears (Méditerranée occidentale) et dans l'Atlantique sud (Golfe de Cadix). *Débats et Documents Techniques. Conseil General des Peches pour la Mediterranee* 7 (14): 191-202.
- Maurin, C. 1960. Les crevettes profondes du littoral français de la Méditerranée. Répartition selon la profondeur. Notes biométriques. *Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Mediterranee. Rapports et Proces-Verbaux des Reunions* 15: 147-154.
- Medina, A., Y. Vila, G. Mourente and A. Rodríguez. 1996. A comparative study of the ovarian development in wild and pond-reared shrimp. *Penaeus kerathurus* (Forsk., 1775). *Aquaculture* 148: 63-75.
- Mori, M., P. Belcari and F. Biagi. 1986. Distribuciones e sex-ratio di *Parapenaeus longirostris* (Lucas) nel Tirreno septentrionale. *Nova Thalassia* 8 Suppl. 3: 623-625.
- Nikolsky, G. V. 1969. *Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources*. Oliver & Boyd. Edimburgh: 323 pp.
- Olaso, I. 1990. Distribución y abundancia del megabento invertebrado en fondos de la plataforma Cantábrica. *Publicaciones Especiales. Instituto Español Oceanografía* 5: 1-128.
- Pérez-Farfante, I. 1982. The geminate shrimp species *Parapenaeus longirostris* and *Parapenaeus politus* (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea). *Quaderni del Laboratorio di Tecnologia della Pesca* 3 (2-5): 187-205.
- Pérez-Farfante, I. and B. Kensley. 1997. Penaeoid and Sergestoid shrimp and prawns of the world. Key and diagnose for the families and genera. *Memoires. Museum National d'Histoire Naturelle* 175: 1-233.
- Pestana, G. 1991. Stock assessment of deep water rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*) from the southern Portugal (ICES Division IXa). *ICES C.M.* 1991/K:46: 29 pp.
- Ragonese, S. and M. Bianchini. 1995. Size at sexual maturity in red shrimp females *Aristaeomorpha foliacea*, from the sicilian chanel (Mediterranean sea). *Crustaceana* 68 (1): 73-82.
- Ribeiro-Cascalho, A. and I. Arrobas. 1983. Further contributions to the knowledge about biology and fishery of *Parapenaeus longirostris* of South Portuguese coast. *ICES C.M.* 1983/K:26: 12 pp.
- Ribeiro-Cascalho, A. and I. Arrobas. 1987. Observations on biology of *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) from the south coast of Portugal. *Investigación Pesquera* 51 Supl. 1: 201-212.
- Rodríguez, A. 1981. *Biología y cultivo del langostino Penaeus kerathurus (Forsk., 1775) del golfo de Cádiz*. Ph.D. thesis. University of Sevilla. Sevilla, Spain: 200 pp.
- Rodríguez, A. 1985. Biología del langostino *Penaeus kerathurus* (Forsk., 1775) del Golfo de Cádiz. I. Reproducción. *Investigación Pesquera* 49: 581-595.
- Sardá, F. and M. Demestre. 1987. Estudio biológico de la gamba *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) en el Mar



- Catalán (NE de España). *Investigación Pesquera* 51 (Supl. 1): 213-232.
- Simpson, A. C. 1951. The fecundity of the plaice. *Fishery Investigations* (Sér. 2) 17 (5): 27 pp.
- Sobrino, I. 1998. *Biología y pesca de la gamba blanca (Parapenaeus longirostris, Lucas 1846) en el Atlántico nororiental*. Ph.D. thesis. University of Sevilla. Sevilla, Spain: 218 pp.
- Sobrino, I. and E. de Cárdenas. 1996. Análisis de los resultados obtenidos para la Gamba Blanca (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) durante la Campaña "Angola 8911". In: *Monografía. Instituto Canario de Ciencias Marinas*. O. Llinás, J. A. González and M. Rueda (eds.) 356: 375 pp. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Telde (Las Palmas de Gran Canaria), Spain.
- Sobrino, I. and L. Fernández. 1991. Resultados obtenidos para la gamba (*Parapenaeus longirostris*, Lucas 1846) en la campaña "Guinea-90". *FAO CEEAF/ECAF Ser.* 91/55: 63-85.
- Sobrino, I. and T. García. 1991. Análisis y descripción de las pesquerías de crustáceos decápodos en aguas de la República Islámica de Mauritania durante el periodo 1987-1990. *Informes Técnicos. Instituto Español Oceanografía* 112: 38 pp.
- Sobrino, I. and T. García. 1992a. Análisis y descripción de la actividad de la flota española en las pesquerías de crustáceos decápodos profundos en aguas de la República de Senegal durante el periodo 1987-1990. *Informes Técnicos. Instituto Español Oceanografía* 125: 37 pp.
- Sobrino, I. and T. García. 1992b. Análisis y descripción de las pesquerías españolas de crustáceos decápodos en aguas de la República de Guinea Bissau durante el periodo 1987-1991. *Informes Técnicos. Instituto Español Oceanografía* 135: 38 pp.
- Sobrino, I. and T. García. 1994. Biology and fishery of the deepwater Rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) from the Atlantic Moroccan coast. *Scientia Marina* 58 (4): 299-305.
- Sobrino, I., M. P. Jiménez, F. Ramos and J. Baro. 1994. Descripción de las pesquerías demersales de la región suratlántica española. *Informes Técnicos. Instituto Español de Oceanografía* 151: 76 pp.
- Tom, M., M. Goren and M. Ovadia. 1987. Localization of the Vitellin and its possible precursors in various organs of *Parapenaeus longirostris* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *International Journal of Invertebrate Reproduction and Development* 12: 1-12.
- Tom, M., M. Goren and M. Ovadia. 1988. The benthic phases of life cycle of *Parapenaeus longirostris* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) along the Mediterranean coast of Israel. *Hidrobiología* 169 (3): 339-352.
- Yano, I. 1988. Oocyte development in the kuruma prawn *Penaeus japonicus*. *Marine Biology* 99: 547-553.



# A new optimal allocation sampling design to improve estimates and precision levels of discards from two different Fishery Units of Spanish trawlers in northeast Atlantic waters (ICES subareas VIIc,j,k)

J. M. <sup>a</sup> Bellido<sup>1</sup> and N. Pérez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Oceanográfico de Murcia, Instituto Español de Oceanografía, Varadero, 1, Apdo. 22, E-30740 San Pedro del Pinatar, Murcia, Spain. E-mail: josem.bellido@mu.ieo.es

<sup>2</sup> Centro Oceanográfico de Vigo, Instituto Español de Oceanografía, Cabo Estai-Canido, Apdo. 1552, E-36208 Vigo, Pontevedra, Spain. E-mail: nelida.perez@vi.ieo.es

Received December 2007. Accepted December 2007.

## ABSTRACT

The present report discusses a new onboard sampling design for the Spanish trawlers in northeast Atlantic waters –International Council for the Exploration of the Sea (ICES) subareas VIIc,j,k–. This sampling design comprises three stages: i) number of vessels and trips per vessel to be sampled; ii) the minimum number of sampled hauls; and iii) a temporal distribution of those sampled hauls throughout the fishing trip to balance hauls sampling along the fishing trip. As a result, an optimal allocation sampling is suggested, comprising at least one vessel and one trip per vessel to be sampled monthly, between 30 to 50 sampled hauls within that fishing trip, and a time-division for hauls during the fishing trip, containing 8-15 sampled hauls at the beginning, middle and end of the trip.

**Keywords:** Hake, megrim, discards, Fishery Units, precision levels, sampling design.

## RESUMEN

*Nuevo diseño de muestreo de asignación óptima para mejorar las estimaciones y los niveles de precisión de los descartes en dos unidades pesqueras de arrastreros españoles en el Atlántico nororiental (subáreas VIIc,j,k del CIEM)*

*Se aporta un nuevo diseño de muestreo de aplicación a bordo para los arrastreros españoles que faenan en las suáreas VIIc,j,k establecidas en el Atlántico noreste por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM), diseño en cuyo desarrollo en tres etapas intervienen las siguientes variables: i) número de barcos y de las respectivas mareas a muestrear; ii) número mínimo de lances a muestrear; iii) distribución temporal del muestreo de lances a lo largo de la marea. Como conclusión, se recomienda un muestreo de asignación óptima consistente en el muestreo mensual de un barco y una marea, la elección de entre 30 y 50 lances a muestrear y, por último, que éstos estén distribuidos a lo largo de la marea de forma que al menos de 8 a 15 lances correspondan a cada uno de los periodos inicial, intermedio y final de la misma.*

**Palabras clave:** Merluza, gallo, descartes, unidades pesqueras, niveles de precisión, diseño de muestreo.

## INTRODUCTION

In many fisheries, discards constitute a major contribution to fishing mortality in younger ages of commercial species (Jennings and Kaiser, 1998; Hammond and Trenkel, 2005; Punt *et al.*, 2006). However, relatively few stock assessments in ICES working groups have taken discards into consideration (Hammond and Trenkel, 2005). This happens mostly due to the long time series of onboard observation needed, not available for all the fleets involved in the exploitation of most stocks, and to the large amount of research effort needed to obtain this kind of information (Kelleher, 2005; Alverson *et al.*, 1994).

Advances in multilevel modelling for measuring discards have been recently reported. Tamsett, Janacek and Emberton (1999) and Allen *et al.* (2001) showed comparisons of methods for onboard sampling of discards in commercial fishing and produced estimates using different methods. Stratoudakis *et al.* (2001) showed that collapsing the stratification into groups of strata with similar ratios and then applying a ratio estimator to each group of strata gives estimators of total discards that are less biased and more precise. Borges *et al.* (2004) reported optimum sampling levels in discard sampling programs by using total fish discard ratios. Their analysis took into account cost and precision objectives and explores dependence on both variables. Borges *et al.* (2005) also suggested a method for searching the best sampling unit and auxiliary variables for discards estimations. Their results showed that one fishing trip was the recommended sampling unit to estimate discards in most of the fleets studied.

One of the main problems when dealing with onboard observer data is the high variation they usually show over space and time. If the sampling design does not account for it, this high variation could hide some bias in the estimation, which will be transferred to the raising estimates for the whole fleet or strata (Allen *et al.*, 2001, 2002; Borges *et al.*, 2004; Apostolaki, Babcock and McAllister, 2006).

Fishing observer data are based on a multistage sampling design, with several stratified, cluster and random stages. These stages take into account Fishery Units, vessels, fishing trips, hauls and species sampling. Therefore, an adequate definition of number of vessels and trips per vessel to be

sampled is crucial, both to optimise deployment resources and to achieve the most accurate estimates of total catch at sea.

The present paper reports on a three-stage sampling design. The first stage aims to determine the sample size for different vessels and fishing trips. The second stage is to establish a minimum number of hauls to be sampled during the fishing trip. The third focuses on how those sampled hauls should be distributed throughout the trip. Finally, an optimal allocation sampling design is suggested, which takes into account the multistage nature of onboard sampling.

## MATERIALS AND METHODS

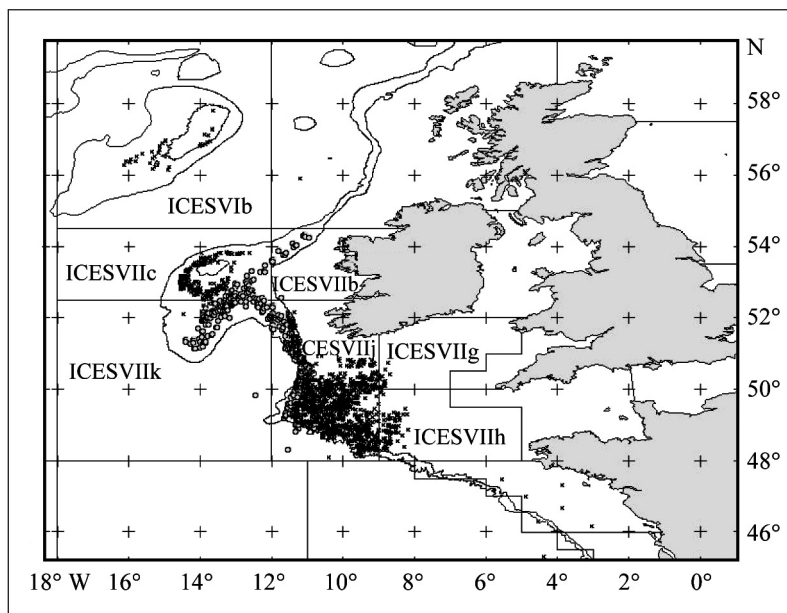
### Reference fleet and data set

The reference fleet for this work comprised Spanish demersal trawlers that operate in the Grand Sole and Porcupine subareas (ICES subareas VIIc,j,k). This is a medium-distance fleet, which usually lands in northwest Spanish fishing ports. These fishing boats' campaigns last from 12 to 16 fishing days, comprising between 40 and 75 hauls for each trip (Bellido, Pérez and Lema, 2005).

Two different Fishery Units (also called *metiers*) can be distinguished in this fleet. The Spanish Otter Trawlers Targeting Megrim (hereafter referred as SOTTMeg) is based at the Vigo and Marín ports. It targets megrim *Lepidorhombus whiffiagonis* (Walbaum, 1792), but also anglerfishes *Lophius piscatorius* L., 1758 and *Lophius budegassa* Spinola, 1807 and hake *Merluccius merluccius* (L., 1758). The Spanish Otter Trawlers Targeting Hake (hereafter referred as SOTTHak) is based at the A Coruña and Celeiro ports. It targets mainly hake, but also anglerfishes, witch *Glyptocephalus cynoglossus* (L., 1758), Norway lobster *Nephrops norvegicus* (L., 1758) and megrim.

These metiers differ in the location of their fishing grounds and in their fishing operations. SOTTMeg operates in waters from the continental shelf around the 200 m isobath (figure 1). It makes short hauls, with trawls of 4 hours, comprising about 75 fishing hauls per trip. Whereas SOTTHak is more restricted to deeper waters around the slope (figure 1). It makes about 7-hour hauls, resulting in about 40 fishing hauls per trip.

Figure 1. Geographic location of main fishing grounds by Fishery Units. Circles represent SOTTHak and crosses represent SOTTMeg. The 200 m and 1 000 m isobaths are shown



This fleet has been monitored onboard since the late 1980s. However, it was not until 2003 that routine yearly sampling was achieved, through EU Data Collection Regulation 1639/2001. This EU Regulation also implies the need to provide fishery annual estimations which different precision levels. According the EU Regulation 1639/2001, “data related to annual estimates of discards must lead to a precision level that make possible to estimate a parameter with precision of plus or minus 25 % for a 95 % confidence level”. This implies that the estimated Coefficient of Variance (CV) of the parameter is, at most, 12.5 % (ICES, 2004).

The ongoing data set comes from years 2003, 2004 and 2005. This comprises sampling on 29 vessels, 30 trips and 1 104 hauls. The sampling was conducted throughout the year, usually deploying an observer every month. The observer programme is based on a stratified random sampling per Fishery Unit, which comprises area, gear and target species. Observers record discards and retained catch by species and haul, both in weight and number.

**Optimal sample size for vessels and fishing trips**

Surveys to estimate the amount of fish discarded from commercial fishing vessels typically use multi-stage sampling, comprising up to six levels (i.e. vessels, trips, hauls, boxes, fish length and fish age),

each of which contribute to the overall variability (Allen *et al.*, 2002). We consider here only three levels: V is the number of vessels in the fleet, T is the average number of trips per vessel, and H the average number of hauls per trip. These three parameters are constant across the study period (see table I for settings). The lower case equivalents (v, t, and h) are the corresponding numbers in the samples.

The data used for estimation of the variance components are the number for hake, megrim, and all species discarded at haul level. Previous analysis showed that results for discard in weight are quite similar to those of discard in number. Thus, in order to gain in conciseness, this paper only reports results for discards in number. As the data are unbalanced, due to the different number of hauls per trip and trips per vessel, analysis of variance (anova) should not be applied (Allen *et al.*, 2002). Hence, the residual maximum likelihood method was used to analyse the data, assum-

Table I. Values of settings to estimate optimal size sample for vessels and fishing trips. V is the number of vessels in the fleet, T is the average number of trips per vessel, H the average number of hauls per trip, and h the average number of sampled hauls per trip

	SOTTMeg	SOTTHak
V	51	30
T	14	14
H	74.50	39.50
h	42.27	21.75

ing that the residual variation is greater than zero and the remaining variance parameters are greater than or equal to zero (Allen *et al.*, 2002).

The estimated variance components were used to calculate the optimal average number of trips per vessel that must be sampled to achieve the target precision, formula below (Allen *et al.*, 2002).

The mean discard is given by:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^v \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^h y_{ijk}}{vth}$$

and the variance is:

$$\text{Var}(\bar{y}) = \left(1 - \frac{v}{V}\right) \frac{S_V^2}{v} + \left(1 - \frac{t}{T}\right) \frac{S_{VT}^2}{vt} + \left(1 - \frac{h}{H}\right) \frac{S_{VTH}^2}{vth}$$

The optimum values for the number of vessels to sample,  $v_{opt}$  are, for a target variance ( $\text{Var}_{tar}$ ):

$$v_{opt} = \frac{S_V^2 + \left(1 - \frac{t}{T}\right) \frac{S_{VT}^2}{t} + \left(1 - \frac{h}{H}\right) \frac{S_{VTH}^2}{th}}{\text{Var}_{tar} + \frac{S_V^2}{V}}$$

h was kept constant at the average value by Fishery Unit (see table I) and the number of sampled trip per vessel t was ranged from 1 to 6 and evaluated for CVs of 12.5, 25, 50 and 75 % (i.e.  $\text{Var}_{tar}$  of 0.12, 0.25, 0.50, 0.75) for discards of megrim, hake and all species.

### Haul bootstraps

A re-sampling method with bootstrap techniques was applied to data to determine the minimum number of hauls to be sampled to reduce significantly intra-variance within a fishing trip –see Efron and Tibshirani (1993) and Davison, Hinkley and Young (2003) for a detailed review of bootstrap techniques–.

Bootstraps were applied to megrim, hake and total discard for both SOTTMeg and SOTTHak. Several groups of samples comprising 10, 20, 30,... up to 100 hauls were selected in each fishing trip and a mean and CV was estimated for each group. The 10-hauls group is considered the reference

group beyond which improvement is estimated. This procedure was repeated 500 times for every haul group and trip. The percentiles 95 and 5 % of CV were used to identify the variance decrease, expressed as a percentage, when the number of hauls is increased within the fishing trip. Finally, the average percentage of variation of CV with confidence intervals across hauls groups for every fishing trip and Fishery Unit was plotted.

### Retaining and discard behaviour throughout the fishing trip

On the other hand, fishermen may vary their retained catch and discard patterns as a fishing trip progresses. Particular targets, length and/or proportion of fish discarded/retained may change according to such factors as market prices, weather, occasional presence/absence of the main target, and storage space. To look into these plausible discarding differences within the same fishing trip, every fishing trip was divided into three groups –a beginning, middle and end– each group containing an equal number of hauls.

Each group comprised up to 10 hauls from the beginning, middle and end of the fishing trip. The minimum gathering group was by 6 hauls for every group. This was particularly important for SOTTHak, where the number of hauls by fishing trip was smaller than for SOTTMeg. The non-parametric anova Kruskal-Wallis analysis of ranks was used to look for differences in discarding pattern throughout the fishing trip. This was done by weight and number for the two Fishery Units and the specific target species, i.e. hake and megrim, but also for other important associated species such as witch, Norway lobster, four spot megrim *Lepidorhombus boscii* (Risso, 1810) and greater fork beard *Phycis blennoides* (Brünnich, 1768). Retaining and discarding pattern by length were also compared for the two main commercial species, based on the adjusted curve of retained/total catch by length.

## RESULTS

### Vessels and fishing trips, optimal sample size

Results on megrim discard CVs are quite similar for both Fishery Units (figure 2A). Achieving a CV

of  $\pm 12.5\%$  implies sampling 45 vessels with a fishing trip for each vessel, or about 35 vessels with 2 fishing trips each, for both SOTTMeg and SOTTHak. With a target of 25% CV, sampling effort is greatly reduced, particularly for SOTTMeg, where 15 vessels are needed to get a 25% CV target with one fishing trip. It is important to highlight that there is no a great gain when increasing the sampling to more than one fishing trip for the same CV target (figure 2A).

Hake discards require more sampling effort to achieve specific CV targets (figure 2B). To achieve a 12.5% CV target for SOTTMeg, more than 60 vessels are necessary, with one sampled fishing trip. Sampling effort is also halved for 25% CV target in SOTTMeg. However, the figures are lower in SOTTHak and rather similar to those estimated for megrim (figure 2A), i.e., 45 vessels with one trip to achieve a CV of 12.5%.

Regarding total discards, a target CV of 12.5% is achieved by sampling 30 vessels once for SOTTMeg (figure 2C). When the target CV is 25%, sampling is reduced to 10 vessels. As mentioned above, there is no apparent improvement when the sampling takes into account more than one fishing trip, particularly for target CV of 25, 50 and 75%. The estimates obtained for SOTTHak are slightly higher than those of SOTTMeg.

### Haul bootstraps

Results for megrim discard at the haul level are shown in figure 3. A 50% CV improvement is achieved with 40 sampled hauls for SOTTMeg (figure 3A), whereas for SOTTHak about 50 sampled hauls are required. It should be noted that the confidence interval, 5-95%, is wider for SOTTHak. Regarding hake discards, the 50% CV improvement is achieved with about 70-75 sampled hauls for SOTTMeg (figure 3B). SOTTHak hake discard requires a higher sampling effort, about 95 sampled hauls. The figures for hake discards are notable higher than those for megrim (see figure 3 versus figure 2). This could be explained by the highly skewed nature of hake discard data, which includes many zeros. Discarding hake is not as usual as discarding megrim, and therefore it becomes harder to produce a robust estimate for hake discards.

Figure 3C show the results for total discard in number, considering all fish. The estimate of sampled hauls is smaller for SOTTHak than for SOTTMeg. Regarding SOTTMeg, the 50% CV improvement occurs at 100 sampled hauls, and around 45 sampled hauls for SOTTHak (figure 3c). It is important to note that the results for total discards seem to be quite high, particularly for SOTTMeg. This could be explained by the highly skewed data, in this case due to occasional catching and discarding of important schools of small fish, mainly boarfish *Capros aper* (L., 1758), but also small horse mackerel *Trachurus trachurus* (L., 1758), with very low catch weight but very high catch numbers.

### Retaining and discard behaviour throughout the fishing trip

A slight increase of  $L_{50}$  (length at which 50% is retained) occurred during the fishing trip in both metiers, especially for hake (table II). This shows an opportunistic pattern at the beginning of the trip, and a slightly increasing selective pattern, retaining larger and larger hake as the fishing trip progresses, particularly in SOTTMeg (table II). This agrees with results from table III for hake, where the hake discarding pattern was found to be significantly different among the different SOTTMeg hauls periods that were analysed. However, results for megrim suggest that fish length is not a key factor for retaining or discarding megrim (table III).

There were no statistical differences regarding megrim discarding behaviour among the three time groups during the fishing trip for SOTTMeg (see table III). However, discarding behaviour for hake changed as fishing trips progressed, particularly from the beginning to the end. Significant differences in the discarding pattern were also found

Table II.  $L_{50}$  values for hake and megrim in the different Fishery Units over the three periods in a fishing trip, i.e. beginning, middle and end

Species	Fishery Unit	$L_{50}$ (cm)		
		Beginning	Middle	End
Hake	SOTTMeg	31.6	33.4	34.3
Hake	SOTTHak	33.0	34.5	34.9
Megrim	SOTTMeg	23.0	23.1	22.4
Megrim	SOTTHak	24.2	24.7	27.5

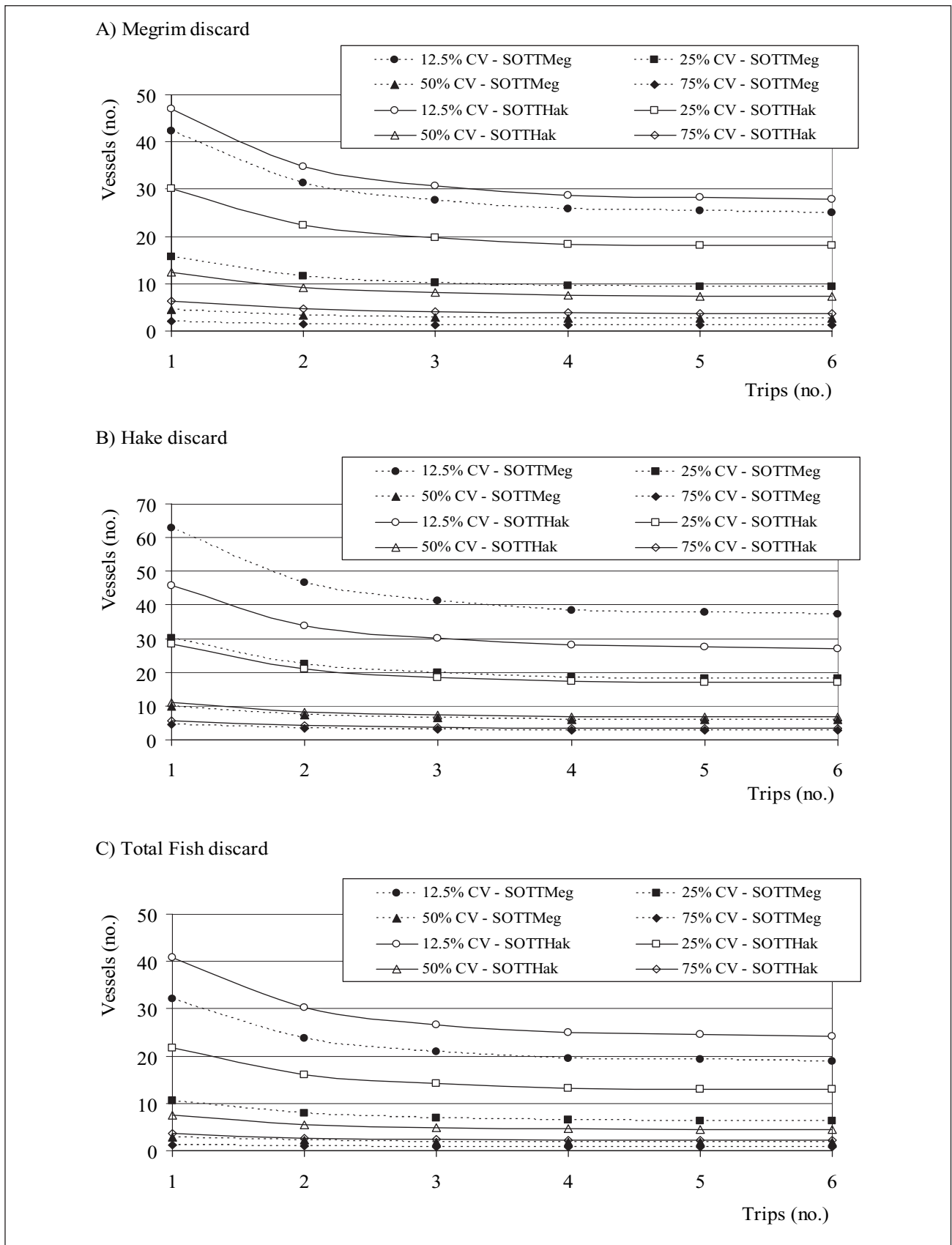


Figure 2. Number of vessels and fishing trips needed to obtain a specific CV for megrim (A), hake (B), and total (C) discards numbers for both Fishery Units



for four-spot megrim, witch and Norway lobster for SOTTMeg.

Regarding SOTTHak, significant differences were found only for discards of Norway lobster (table III). Results suggest SOTTMeg is more variable in its discarding pattern during fishing trips in practically all of the species analysed, whereas SOTTHak is more stable across fishing trip duration, and there is no important variation in discarding practices, except those for Norway lobster.

## DISCUSSION

Onboard sampling is one of the most important direct sources of information in fisheries research, both to produce estimates of total extracted biomass and to study fishing patterns of specific fleets, as well as the impact of fishing on the ecosystem. Recently, the international literature has reflected this, highlighting the increasing importance of such applied research in different parts of the world (Kumar and Deepthi, 2006; Hall and Mainprize, 2005; Zeller and Pauly, 2005; Rochet and Trenkel, 2005; O'Brien, Pilling and Brown, 2004; Pitcher *et al.*, 2002). In a European context, the importance of an onboard sampling methodology was further increased when EU Data Collection Regulation (DCR) 1639/2001 and EU Regulation 1581/2004 required that "data related to annual estimates of discards must lead to a precision level that make possible to estimate a parameter with precision of plus or minus 25 % for a 95 % confidence level". The ICES Workshop on Sampling and Calculation Methodology for Fisheries data agreed this precision level is equivalent to a CV of  $\pm 12.5$  % (ICES, 2004).

The present paper also deals with sampling design related to specific-species discard data, differing from other authors who have traditionally suggested sampling designs based on total discard data (Allen *et al.*, 2001, 2002; Borges *et al.*, 2004; Borges, Rogan and Officer, 2005). If the final sampling results are thought to be used in fishery assessment or management, then the sampling design ought to make it possible to calculate robust estimates for individual species. In such a multispecies fishery, the sampling design could vary greatly, depending on the species of focus. Thus, it is important to know all the options and sampling needs to achieve good quality estimates for at least the most impor-

tant species of the fishery, in this case, megrim and hake. Our sampling design aims to compromise among the main species, while being efficient and effective.

Our results show that the optimal sample size for vessels and fishing trips are far from those required to meet EU Data Collection Regulations (DCR). To increase the sampling level to that suggested by DCR requirements would imply a very expensive onboard data collection program. We consider the EU DCR level to be unrealistic, and such a DCR level is very hard to obtain in a fishery observation programme. Our results show this contradiction between funding and requirements of the current EU DCR.

As mentioned before, the current sampling effort is monthly, i.e., it consists of 12 vessels and one trip per vessel. This implies a CV of around 25 % for total discard in weight, and more than 50 % for total discard in number. We consider that a reasonable indicator CV would be about  $\pm 25$  %. Therefore, if specific species estimates are needed, for instance to include total catch in stock assessment, the EU DCR compulsory sampling should be extended to reach at least that  $\pm 25$  % CV level.

Eventually, sampling design becomes increasingly complicated when different target species are to be considered. For example, sampling levels for megrim are easier to obtain, perhaps because megrim discards are relatively homogeneous. However, estimation of robust sampling levels required for hake discards are much harder to obtain, due to the variable discarding pattern, both inter- and intra-metier.

One way to reduce all of this variability is using total discard rates. Total discard sampling levels could be used as a compromise to balance the sampling design within a multispecies fleet. To achieve a  $\pm 25$  % CV level on total discards, it would necessary to sample 10 vessels and one fishing trip for SOTTMeg and 20 vessels and one fishing trip for SOTTHak. Therefore, we suggest a sampling design of at least 10 vessels and one fishing trip for both metiers. SOTTHak sampling would be improved by implementing specific surveys for particular species of high commercial (or ecological) interest. These specific surveys could be biennial or even triennial, and they would be focused on a particular Fishery Unit.

Regarding haul sampling, once again a compromise of balance should be made, and we must use

total discard rates, as we did in the first sampling stage. For SOTTMeg, variability is halved, with 40 to 50 hauls sampled, which is an appropriate sampling effort. For SOTTHak, we believe that sam-

pling should be around 20 to 30 hauls per fishing trip. A higher sampling level for SOTTHak could be inefficient for the observer, as it would involve sampling almost all hauls. Our suggested sampling

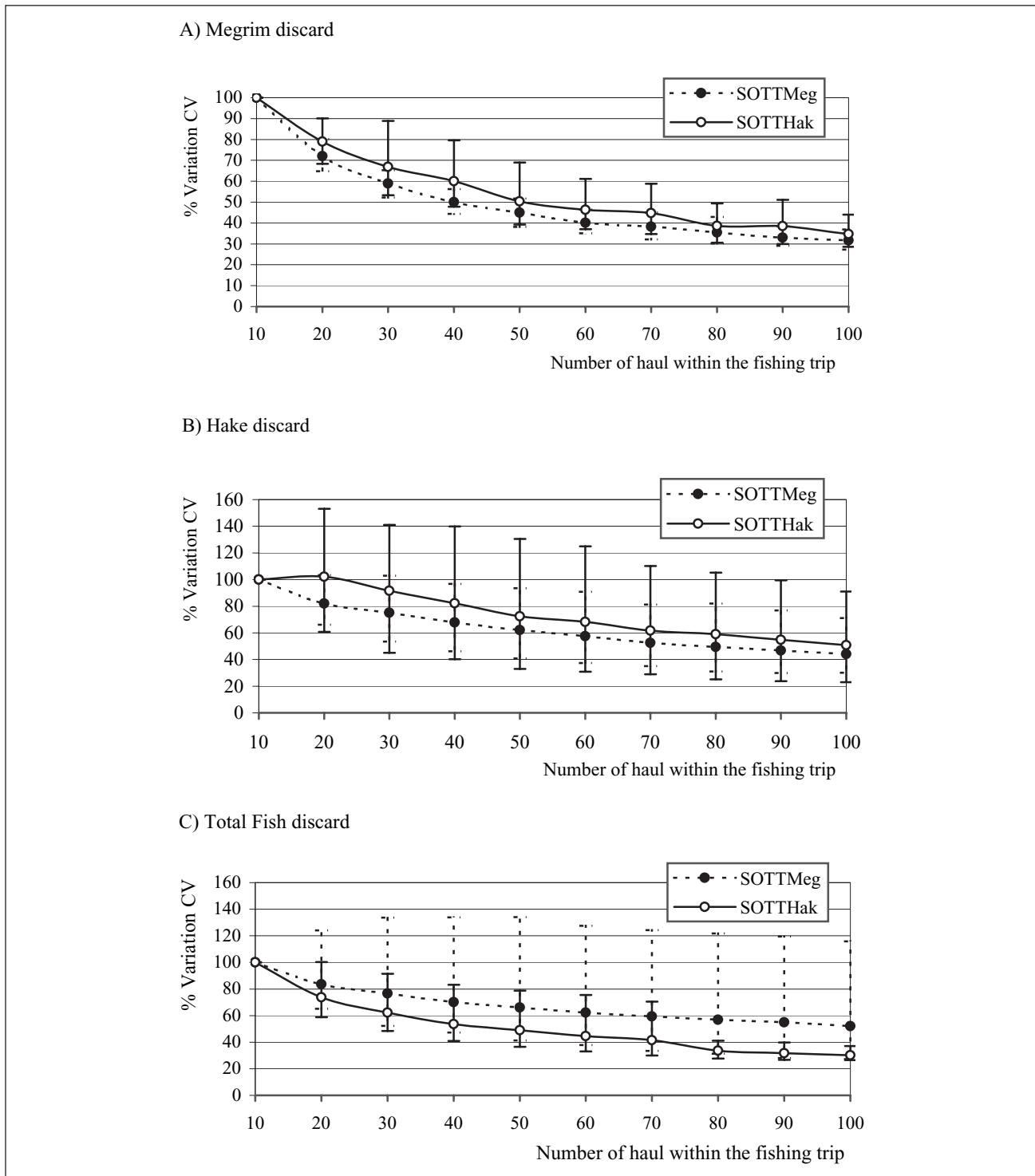


Figure 3. Bootstraps for CV simulation and CV improvement estimation across haul groups for megrim (A), hake (B) and total (C) discards numbers for both Fishery Units. X-axis shows number of hauls in the fishing trip. The dashed line and black line represent the mean 50 % for SOTTMeg and SOTTHak, respectively. Bars show confidence intervals 5 and 95 % for every Fishery Unit

Table III. Results from nonparametric Kruskal-Wallis test for SOTTMeg and SOTT Hak. Analysis of discard by weight and number per hauls' groups and species. Differences are significant at  $p < 0.05$  (in bold)

Species and Groups	SOTTMeg		SOTT Hak	
	Discard by Weight	Discard by Number	Discard by Weight	Discard by Number
Four spot megrim				
First Group/Intermediate Group	0.194	0.100	0.264	0.264
First Group/Last Group	<b>0.020</b>	<b>0.015</b>	0.807	0.788
Intermediate Group/Last Group	0.327	0.426	0.323	0.184
Greater fork beard				
First Group/Intermediate Group	0.801	0.686	0.957	0.939
First Group/Last Group	0.521	0.908	0.053	0.142
Intermediate Group/Last Group	0.850	0.610	0.060	0.250
Hake				
First Group/Intermediate Group	< <b>0.001</b>	< <b>0.001</b>	0.133	0.130
First Group/Last Group	< <b>0.001</b>	< <b>0.001</b>	0.952	0.841
Intermediate Group/Last Group	0.374	0.796	0.174	0.174
Megrim				
First Group/Intermediate Group	0.700	0.165	0.285	0.283
First Group/Last Group	0.581	0.854	0.788	0.841
Intermediate Group/Last Group	0.374	0.153	0.469	0.443
Witch				
First Group/Intermediate Group	0.447	0.465	0.138	0.151
First Group/Last Group	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	0.586	0.601
Intermediate Group/Last Group	< <b>0.001</b>	< <b>0.001</b>	0.263	0.277
Norway Lobster				
First Group/Intermediate Group	0.005	<b>0.002</b>	< <b>0.001</b>	< <b>0.001</b>
First Group/Last Group	0.003	<b>0.002</b>	0.188	0.123
Intermediate Group/Last Group	0.860	0.966	< <b>0.001</b>	<b>0.030</b>

effort would make it possible to produce reasonable estimates for both total discard and total catch for most of the main target species. If estimates are needed for a particular species, we recommend carrying out specific pilot surveys.

Finally, the third and last sampling stage is allocation of sampling throughout the fishing trip. This is fascinating topic, but one not commonly dealt with in the scientific literature. Gray *et al.* (2005) reported seasonal differences for discard rates in an estuarine commercial gillnet fishery. Faere, Kirkley and Walden (2006) examined differences in discards between efficient and inefficient tows off a multi-species otter-trawl fishery from George Bank, off the US coast. However, this is a very wide-ranging topic, and no papers were found in the literature analysing possible differences in discarding pattern within the same fishing trip. Discards and total catch estimates may be biased as to whether sampling effort focuses on one particular period of the fishing trip, since the discarding pattern may change as the fishing trip progresses.

This is particularly important in long-distance fleets, which tend to make many hauls in the same fishing trip. Characteristics of fishing hauls such as haul duration, depth, and location may affect discards. However, discard behaviour may also be altered by such factors as storage space and changes in market price during the fishing trip. In this case, the number of discarded fish usually increases throughout the fishing trip's duration, with higher discard rates at the end for most of the species. This increasingly selective discarding pattern must be considered when sampling discards.

Our results show that there are significant differences in the discarding pattern for hake, four spot megrim, witch, and Norway lobster during the three periods of a fishing trip. Megrim discarding patterns do not present significant differences. This pattern is opposite to the findings of ICES (2004) with information from the same area from 1999 and 2000, where a selective pattern for larger megrims was apparent. This could be explained by the high recruitment of megrim in 2000, when many small fish were available and easily discarded

at the beginning of the fishing trip (ICES, 2006). Once that high recruitment was not so present, megrim discarding showed no differences over the course of fishing trips.

Therefore, our results confirm the importance of distributing the sampling effort throughout the fishing trip, with similar sample sizes for every period, to avoid possible bias from changes in discard pattern over time. We suggest an optimal allocation sampling design of at least 10 vessels and one fishing trip for both métiers. Sampling effort will be increased for particular species of high commercial (or ecological) interest by implementing specific biennial or triennial surveys. The number of sampled hauls within a fishing trip should be about 2/3 of the total trawl hauls. This comprises between 40-50 hauls for SOTTMeg and 20-30 hauls for SOTTHak. The sampled hauls should be distributed proportionally over the three periods of the fishing trip (beginning, middle, and end), i.e. not less than 15 hauls during each of the three periods for SOTTMeg, and about 8 hauls during each of the three periods for SOTTHak.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Many thanks to Elena Guijarro and Ana Carbonell for their useful comments, which helped to improve the manuscript, and also to Lisa Borges and Valentín Trujillo, who reviewed a previous version. Our sincere thanks as well to the Spanish Fisheries Organization for all the help and assistance they gave us, and to the ship owners. The cooperation of skippers and crews was always enthusiastic, and we are grateful to them for it. We are also grateful to all the observers, and their co-ordinator, José Lorenzo. And lastly, special thanks to our technician Hortensia Araujo, who was the responsible for training observers and managing the discard database.

## REFERENCES

Allen, M., D. Kilpatrick, M. Armstrong, R. Briggs, G. Course and N. Perez. 2002. Multistage cluster sampling design and optimal sample sizes for estimation of fish discards from commercial trawlers. *Fisheries Research* 55: 11-24.

Allen, M., D. Kilpatrick, M. Armstrong, R. Briggs, N. Perez and G. Course. 2001. Evaluation of sampling methods to

quantify discarded fish using data collected during discards project EC 95/094 by Northern Ireland, England and Spain. *Fisheries Research* 49: 241-254.

Alverson, D. L., M. H. Freeberg, S. A. Murawski and J. G. Pope. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fisheries Technical Paper* 339: 233 pp.

Apostolaki, P., E. A. Babcock and M. K. McAllister. 2006. Contrasting deterministic and probabilistic ranking of catch quotas and spatially and size-regulated fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63: 1777-1792.

Bellido, J. M., N. Pérez and L. Lema. 2005. Hauls sampling in order to reduce bias within fishing trip in trawlers operating in the Grand Sole and Porcupine areas (NE Atlantic). In: *Proceedings of the 4th International Fisheries Observer Conference* (November 8-11, 2004. Sydney, Australia). T. A. McVea and S. J. Kennelly (eds.): 31-33. NSW Department of Primary Industries, Cronulla Fisheries Research Centre of Excellence. Cronulla, Australia.

Borges, L., E. Rogan and R. Officer. 2005. Discarding by the demersal fishery in the waters around Ireland. *Fisheries Research* 76: 1-13.

Borges, L., A. F. Zuur, E. Rogan and R. Officer. 2004. Optimum sampling levels in discard sampling programs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61: 1918-1928.

Borges, L., A. R. Zuur, E. Rogan and R. Officer. 2005. Choosing the best sampling unit and auxiliary variable for discards estimations. *Fisheries Research* 75: 29-39.

Davison, A. C., D. V. Hinkley and G. A. Young. 2003. Recent Developments in Bootstrap Methodology. *Statistical Science* 18: 141-157.

Efron, B. and R. J. Tibshirani. 1993. *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman & Hall. New York: 436 pp.

Faere, R., J. E. Kirkley and J. B. Walden. 2006. Adjusting technical efficiency to reflect discarding: The case of the US Georges Bank multi-species otter trawl fishery. *Fisheries Research* 78: 257-265.

Gray, C. A., D. D. Johnson, M. K. Broadhurst and D. J. Young. 2005. Seasonal, spatial and gear-related influences on relationships between retained and discarded catches in a multi-species gillnet fishery. *Fisheries Research* 75: 56-72.

Hall, S. J. and B. M. Mainprize. 2005. Managing by-catch and discards: how much progress are we making and how can we do better? *Fish and Fisheries* 6: 134-155.

Hammond, T. R. and V. M. Trenkel. 2005. Censored catch data in fisheries stock assessment. *ICES Journal of Marine Science* 62: 1118-1130.

ICES. 2004. Considerations on the sampling onboard off the Spanish trawl fleet operating in ICES areas VIIc,j,k. *ICES C.M.* 2004/FF:01: 12 pp.

ICES. 2006. Report of the Working Group on the Assessment of Southern Shelf Stocks of Hake, Monk and Megrim (WGHMM), 9-18 May 2006, Bilbao, Spain. *ICES C.M.* 2006/ACFM:29: 792 pp.

Jennings, S. and M. J. Kaiser. 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology* 34: 201-352.

- Kelleher, K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. An update. *FAO Fisheries Technical Paper* 470: 131 pp.
- Kumar, A. B. and G. R. Deepthi. 2006. Trawling and bycatch: Implications on marine ecosystem. *Current Science* 90: 922-931.
- O'Brien, C. M., G. M. Pilling and C. Brown. 2004. Development of an estimation system for US longline discard estimates of bluefin tuna. *Management of shared fish stocks* 2004: 23-41.
- Pitcher, T. J., R. Watson, R. Forrest, H. Valtysson and S. Guenette. 2002. Estimating illegal and unreported catches from marine ecosystems: a basis for change. *Fish and Fisheries* 3: 317-339.
- Punt, A. E., D. C. Smith, G. N. Tuck and R. D. Methot. 2006. Including discard data in fisheries stock assessments: Two case studies from south-eastern Australia. *Fisheries Research* 79: 239-250.
- Rochet, M. J. and V. M. Trenkel. 2005. Factors for the variability of discards: assumptions and field evidence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 224-235.
- Stratoudakis, Y., R. J. Fryer, R. M. Cook, G. J. Pierce and K. A. Coull. 2001. Fish bycatch and discard in Nephrops trawlers in the firth of Clyde (west of Scotland). *Aquatic Living Resources* 14: 283-291.
- Tamsett, D., G. Janacek and M. Emberton. 1999. A comparison of methods for onboard sampling of discard in commercial fishing. *Fisheries Research* 42: 127-135.
- Zeller, D. and D. Pauly. 2005. Ghoti: Good news, bad news: global fisheries discards are declining, but so are total catches. *Fish and Fisheries* 6: 156-159.



# Tipificación de poblaciones bentónicas de los fondos blandos de la plataforma continental de Guipúzcoa (sureste del golfo de Vizcaya)

J. Martínez, I. Adarraga y J. M.<sup>a</sup> Ruiz

Sociedad Cultural INSUB. Zemorya, 12. Apdo. 3223. E-20013. Donostia-San Sebastián (Guipúzcoa), España.  
Correos electrónicos: julido@euskalnet.net; insub@euskalnet.net

Recibido en diciembre de 2007. Aceptado en diciembre de 2007.

## RESUMEN

Se muestran los resultados de un estudio cuantitativo sobre las comunidades macrobentónicas de los fondos blandos de la plataforma continental de Guipúzcoa (sureste del golfo de Vizcaya). Las muestras fueron recogidas en mayo de 2005 en 36 estaciones, emplazadas a profundidades entre 5 y 155 m, con una draga Van Veen de 0,1 m<sup>2</sup>, y fueron tamizadas empleando malla de 1 mm de luz. Al menos 680 especies distintas fueron identificadas a partir de los más de 19000 individuos recolectados, y las distribuciones de las mismas han permitido determinar 19 asociaciones bentónicas asimilables en su mayoría a comunidades biológicas clásicas de regiones geográficas próximas. A mayor escala han sido cinco las principales comunidades bentónicas identificadas en el conjunto de estaciones. La comunidad boreal de *Tellina* empobrecida se localiza en fondos expuestos de arenas medias infralitorales, entre 5 y 15 m; la comunidad de *Venus*, en arenas medias y finas, entre 20 y 50 m; y la de *Amphiura*, en arenas fangosas y fangos, desde 50 hasta 150 m aproximadamente. Eventualmente, se encuentra la comunidad de *Maldane* en fondos fangosos detríticos del circalitoral costero, y la comunidad profunda de *Venus* o de *Venus fasciata-Spisula elliptica-Branchiostoma* descrita por Thorson (1957) en las gravas y arenas gruesas que se extienden en zonas bien delimitadas de la plataforma. El análisis de similitud de Bray-Curtis y la aplicación de diversos índices ecológicos apuntan a la batimetría y a la naturaleza del sedimento como los principales factores reguladores de la distribución de las especies en el área estudiada.

**Palabras clave:** Comunidades macrobentónicas, fondos blandos, distribución, condiciones ambientales.

## ABSTRACT

*Typification of benthic populations of soft bottoms on the Guipuzcoan continental shelf (southeast Bay of Biscay)*

The present paper reports on the results obtained from field samplings carried out on the Guipuzcoan continental shelf. Thirty-six stations were sampled in May 2005, at depths ranging from 5-155 m. Bottom samples were obtained with a 0.1 m<sup>2</sup> Van Veen-type grab and sieved with 1 mm mesh. More than 19000 individuals were identified, belonging to more than 680 species. Nineteen different macrobenthic assemblages were distinguished, based on their species composition, abundance, species richness and habitat preferences. Most of these are very similar to those described in adjacent areas. On a large scale, five major communities were identified in the 36 stations sampled. The *Tellina* community was found on exposed sandy infralittoral bottoms at depths of 5-15 m; the *Venus* community on medium and fine sands at 20-50 m; and the *Amphiura* community in muddy sands and mud, from approximately 50-150 m. By chance, the *Maldane* community was found on muddy bottoms in the circalittoral area, and the deep *Venus* community, or *Venus fasciata-*

*Spisula elliptica*-Branchiostoma described by Thorson (1957), on coarse shell gravel. Bray-Curtis similarity analysis and ecological index suggested that bathymetry and type of sediment are the main factors structuring species' spatial distributions and macrozoobenthic assemblages.

**Keywords:** Macrobenthic communities, soft bottom, distribution, environmental conditions.

## INTRODUCCIÓN

Episodios recientes, como la catástrofe desencadenada por el hundimiento del petrolero *Prestige* en aguas próximas al litoral del norte de España, hacen incuestionable la necesidad de incrementar notablemente la información sobre las comunidades bentónicas. Además de aportar el valor intrínseco del conocimiento sobre una parte importante del medio ambiente que nos rodea, la caracterización de las comunidades marinas que habitan una determinada región constituye una herramienta necesaria y eficaz para el establecimiento de las pautas que deben regir los distintos usos de las zonas costeras y la gestión de las mismas.

Si bien es cierto que el conocimiento sobre la fauna y la flora que habitan en los fondos marinos de la costa guipuzcoana ha mejorado sustancialmente en las dos últimas décadas (Borja *et al.*, 2004; Borja y Muxika, 2001; Altuna *et al.*, 1983; Aguirrezabalaga, 1984; Aguirrezabalaga *et al.*, 1984, 1985, 1986; Arteche y Rallo, 1985; Sola e Ibáñez, 1986; Martínez y Adarraga, 2001, 2003), una gran extensión de la plataforma continental es aun totalmente desconocida. Paradójicamente, estas áreas inexploradas suelen coincidir con los fondos marinos menos impactados por las actividades humanas, siendo, por otra parte, las zonas que mejor reflejan las condiciones naturales de la costa guipuzcoana.

Esto es al menos lo que ocurre en Guipúzcoa, provincia en la que la práctica totalidad de la información disponible sobre bionomía bentónica es el resultado de estudios de impacto ambiental de puertos, emisarios, colectores, dragados y otras obras e instalaciones, áreas normalmente degradadas en sí, influidas por las actividades humanas.

Profundizar en la investigación de los enclaves a priori inalterados no sólo permitirá completar y actualizar el inventario faunístico de los invertebrados marinos de la costa de Guipúzcoa, también hará posible estimar el grado de riqueza y biodiversidad en estos ecosistemas bentónicos, información valiosa para la designación precisa de

ciertas especies como indicadores biológicos de calidad ambiental que puedan ser útiles en futuros trabajos de seguimiento o vigilancia ambiental.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de muestreo

Localizada en el sureste del golfo de Vizcaya, el área estudiada comprende la mayor parte de la plataforma continental guipuzcoana, y se circunscribe al tramo litoral comprendido entre el municipio de Deba y el cabo Higuer –en el municipio de Hondarribia– (figura 1), y constituye una superficie de aproximadamente 800 km<sup>2</sup>. En ella se han delimitado cuatro sectores (J, I, G y Z), realizando en cada uno de ellos un muestreo cuantitativo desde las aguas más someras hasta las más profundas. Se presentan aquí los resultados de 36 estaciones emplazadas entre 15 y 155 m de profundidad, límite batimétrico aproximado de la plataforma continental de Guipúzcoa. Con el objetivo de obtener la información más fidedigna posible sobre las poblaciones naturales, se seleccionaron áreas con sedimentos blandos alejados de rías, puertos, emisarios, colectores, etc., por ser áreas susceptibles de modificar las características de las comunidades bióticas naturales. Del mismo modo se intentó muestrear en cada una de ellas la mayor variedad posible de tipos de hábitat, tanto desde el punto de vista de la profundidad como de la naturaleza de los sedimentos (tabla I).

### Recogida y procesado de las muestras

Los muestreos se realizaron en mayo de 2005 a bordo de las embarcaciones *Ana María* e *Itxas Ederra*. El emplazamiento exacto y la profundidad precisa de cada estación se determinaron con un sistema de posicionamiento por satélite y una ecosonda.

Las muestras se recogieron con una draga Van Veen de 0,1 m<sup>2</sup> efectivos, con la obtención de seis



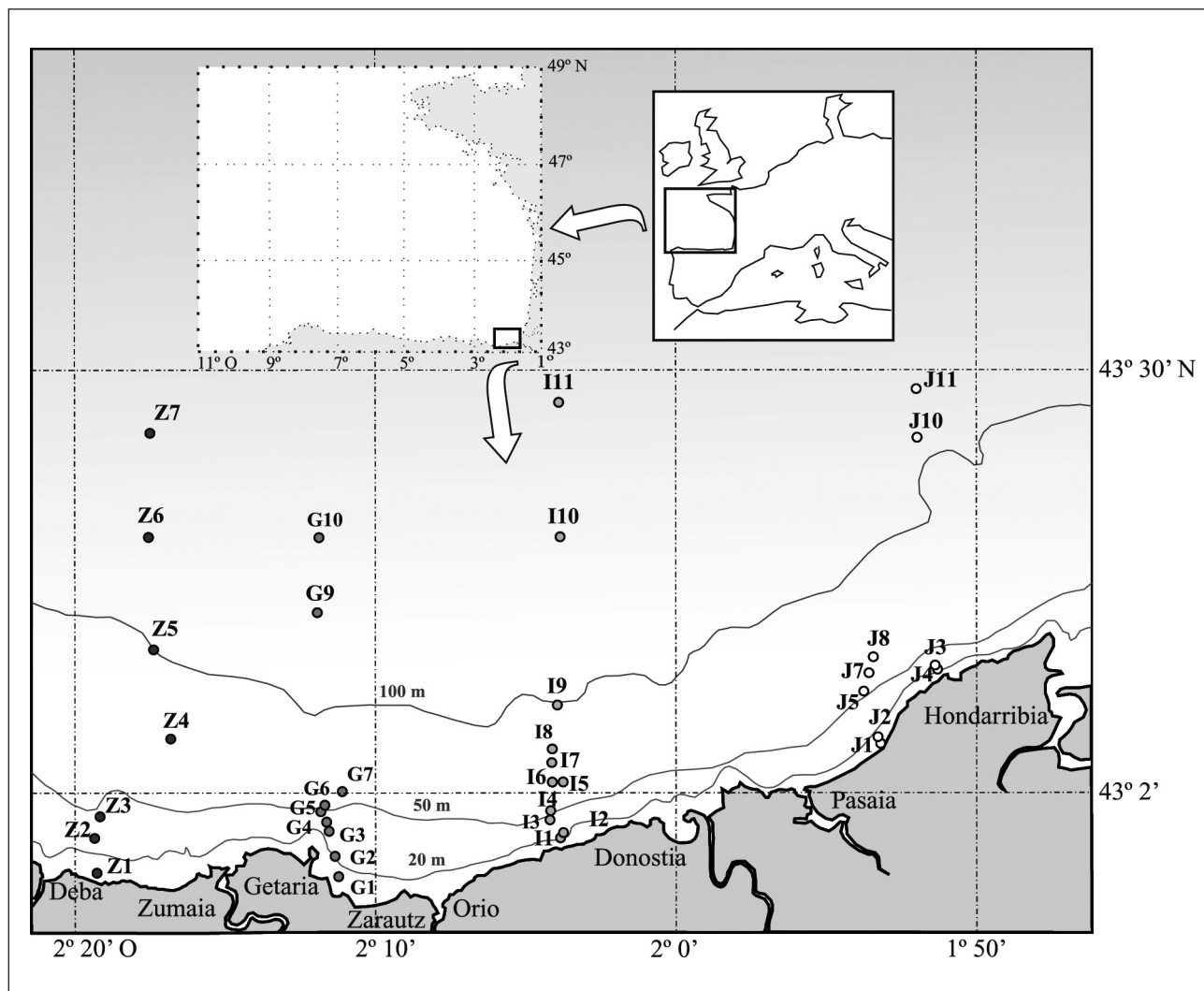


Figura 1. Emplazamiento de las estaciones muestreadas en la plataforma continental de Guipúzcoa.

réplicas en cada una de las estaciones seleccionadas y la exclusión de aquellas réplicas en las que la draga no hubiera penetrado al menos 5 cm en la capa de sedimento. En cada uno de los dragados, una pequeña porción del sedimento se destinaba a la caracterización físico-química; el resto del material obtenido se tamizaba a 1 mm para la selección de la macrofauna.

Para el análisis de la granulometría se desecó el sedimento (100 g) durante 24 horas a 105 °C y se tamizó en seco la muestra con un sistema vibrador marca CISA a través de una columna de 6 tamices (2-1-0,5-0,25-0,125-0,063 mm). El contenido de materia orgánica del sedimento se estimó por calcinación de muestras previamente desecadas (90 °C, 24 h) en un horno-mufla a 570 °C durante un periodo de 6 h, mientras que los porcentajes de carbonatos se determinaron mediante ataque con ClH diluido.

### Tratamiento de la información

Los descriptores ecológicos empleados en la caracterización y evaluación ambiental de las comunidades bentónicas han sido abundancia (A) –medida como el número de individuos presentes en las muestras–, riqueza específica (S) –o número de especies en las muestras–, índice de diversidad específica ( $H' = \sum_{i=1}^n - p_i \log_2 p_i$ ) (Shannon y Weaver, 1963), índice de equitatividad ( $J' = H'/H'_{max}$ ) (Pielou, 1966) e índice de la dominancia general media (Picard, 1965). Complementariamente, a partir de los datos faunísticos transformados por logaritmo, se ha realizado una agrupación de las estaciones utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis y el programa Primer, eliminando previamente todos aquellos taxones cuyas dominancias

Tabla I. Profundidad (Prof.), emplazamiento y variables sedimentarias de las 36 estaciones muestreadas (Est.). (% G): porcentaje de gravas; (% A): porcentaje de arenas; (% F): porcentaje de fangos; (MO): materia orgánica; (Q<sub>50</sub>): mediana de granulometría.

Est.	Prof. (m)	Latitud N	Longitud O	% G	% A	% F	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	MO	Q <sub>50</sub>	Tipo de sedimento	Tipo de selección Trask (1950)
J1	6	43° 21,117'	1° 53,087'	0,04	99,89	0,07	43,73	1,53	0,46	Arena media	Buena
J2	15	43° 21,235'	1° 53,155'	0,02	99,50	0,40	45,31	2,25	0,26	Arena media	Moderada
J3	41	43° 22,894'	1° 51,303'	0,01	99,26	0,73	64,02	3,69	0,23	Arena fina	Moderada
J4	35	43° 22,868'	1° 51,177'	0,00	99,56	0,44	52,93	3,29	0,19	Arena fina	Moderadamente buena
J5	54	43° 22,340'	1° 53,638'	0,00	99,51	0,49	33,49	1,78	0,23	Arena fina	Moderadamente buena
J7	65	43° 22,771'	1° 53,475'	0,07	99,58	0,35	30,09	1,65	0,27	Arena media	Moderadamente buena
J8	75	43° 23,149'	1° 53,332'	0,53	57,27	42,20	26,69	4,34	0,07	Fango arenoso	Moderada
J10	119	43° 28,373'	1° 51,900'	0,00	89,36	10,64	23,01	2,18	0,16	Arena fangosa	Moderadamente buena
J11	135	43° 29,527'	1° 51,932'	0,00	18,98	81,02	26,06	5,79	0,06	Fango	Muy buena
I1	28	43° 18,875'	2° 03,782'	1,27	98,02	0,71	30,03	1,37	0,62	Arena gruesa	Moderada
I2	41	43° 18,966'	2° 03,697'	0,03	97,64	2,33	38,09	2,08	0,19	Arena fina	Moderadamente buena
I3	45	43° 19,295'	2° 04,151'	0,00	97,97	2,03	34,20	1,95	0,29	Arena media	Moderadamente buena
I4	54	43° 19,497'	2° 04,125'	73,57	26,34	0,09	55,44	1,15	2,79	Grava	Moderada
I5	63	43° 20,195'	2° 03,714'	3,97	93,97	2,06	50,10	2,92	0,44	Arena media	Moderada
I6	65	43° 20,204'	2° 04,070'	16,71	82,89	0,48	40,42	2,03	1,28	Arena muy gruesa	Moderada
I7	74	43° 20,639'	2° 04,099'	18,08	80,50	1,42	36,82	2,10	1,21	Arena muy gruesa	Moderada
I8	82	43° 20,961'	2° 04,075'	4,14	46,06	49,80	51,02	5,24	0,06	Fango arenoso	Mala
I9	101	43° 22,027'	2° 03,908'	0,13	49,48	50,39	30,65	3,52	0,06	Fango	Moderada
I10	126	43° 26,014'	2° 03,848'	0,00	12,60	87,40	30,25	6,54	0,05	Fango	Moderadamente buena
I11	154	43° 29,193'	2° 03,934'	0,00	88,85	11,15	36,89	2,86	0,17	Arena fangosa	Moderada
G1	17	43° 17,941'	2° 11,226'	0,03	97,06	2,91	48,06	2,35	0,25	Arena media	Moderadamente buena
G2	22	43° 18,437'	2° 11,361'	0,04	90,32	9,64	31,39	2,36	0,14	Arena fangosa	Moderadamente buena
G3	34	43° 19,020'	2° 11,556'	0,08	94,81	3,11	26,16	2,77	0,14	Arena fina	Moderadamente buena
G4	40	43° 19,226'	2° 11,628'	0,00	95,83	4,17	27,29	2,91	0,13	Arena fina	Moderadamente buena
G5	50	43° 19,471'	2° 11,807'	0,21	97,01	2,78	28,43	2,90	0,14	Arena fina	Moderadamente buena
G6	60	43° 19,630'	2° 11,710'	0,28	48,12	51,60	32,21	5,67	0,06	Fango	Moderada
G7	73	43° 19,945'	2° 11,109'	0,08	93,82	6,10	39,91	2,37	0,16	Arena fangosa	Moderadamente buena
G9	117	43° 24,199'	2° 11,980'	0,00	23,56	76,44	30,90	6,31	0,06	Fango	Muy buena
G10	135	43° 25,974'	2° 11,941'	0,07	33,11	66,82	30,09	4,96	0,06	Fango	Buena
Z1	6,3	43° 18,022'	2° 19,324'	0,00	100,00	0,00	26,66	3,01	0,19	Arena fina	Moderadamente buena
Z2	41	43° 18,848'	2° 19,412'	0,56	98,32	1,12	45,75	3,06	0,31	Arena media	Moderada
Z3	49	43° 19,367'	2° 19,225'	0,44	44,82	54,74	28,94	6,10	0,06	Fango	Moderadamente buena
Z4	79	43° 21,200'	2° 16,875'	1,56	73,70	24,58	53,94	5,12	0,11	Arena fangosa	Pobre
Z5	94	43° 23,322'	2° 17,452'	0,06	41,67	58,27	33,41	5,52	0,06	Fango	Moderadamente buena
Z6	124	43° 26,003'	2° 17,694'	0,00	36,39	63,61	32,47	6,43	0,06	Fango	Moderadamente buena
Z7	151	43° 28,600'	2° 17,522'	0,00	60,82	39,18	36,84	4,52	0,07	Fango arenoso	Moderada

relativas en cada una de las estaciones no superaron el 1 %.

Para la caracterización físico-química del sedimento se han calculado las diferentes fracciones granulométricas, la mediana (Q<sub>50</sub>), el coeficiente de selección de Trask (Trask, 1950), el contenido de materia orgánica (%) y el de carbonatos (%).

## RESULTADOS

### Caracterización sedimentaria

La composición granulométrica del sedimento para cada estación, resumida en la tabla I, revela

que del total de 36 estaciones, 23 están constituidas mayoritariamente por arenas. Teniendo en cuenta los datos batimétricos, se observa que la localización de dichas arenas corresponde a las estaciones más próximas a la costa, distribuyéndose ininterrumpidamente hasta la cota de 40-75 m.

Los valores de Q<sub>50</sub> para 18 de las 23 estaciones arenosas están comprendidos entre 0,13 y 0,46 mm, lo que refleja un claro predominio de arenas finas y medias.

Los sedimentos más finos de naturaleza fangosa o fango-arenosa correspondientes a las estaciones situadas a mayor profundidad han mostrado valores de fango superiores al 5 %; las estaciones J11 e I10 superan incluso el 80 %.

Por su parte, los fondos prospectados en el sector I han mostrado mayor heterogeneidad, encontrándose tres estaciones relativamente profundas (I4, I6 e I7) con contenidos en gravas superiores al 15 %. Esta característica queda reflejada en los valores anormalmente elevados de  $Q_{50}$  que han presentado (2,79; 1,28 y 1,21 mm respectivamente) con respecto al resto de estaciones.

En cuanto al contenido en carbonatos del sedimento, se han obtenido valores superiores al 30 % en 28 de las 36 estaciones muestreadas. Las estaciones del sector J muestran los valores más elevados, apreciándose máximos en torno a los 35-40 m de profundidad y mínimos coincidentes con las estaciones fangosas. Esta aparente correlación entre arena y porcentaje en carbonatos no se refleja en todas las zonas, encontrándose valores superiores para éste último en estaciones con elevado contenido en fango (I8 y Z4) e inferiores en estaciones arenosas (G3 y Z1).

En relación con el contenido en materia orgánica del sedimento, las estaciones con valores en fango superiores al 24 % presentan los registros más elevados, mientras que en los fondos con mayor contenido en arenas los valores son sensiblemente menores, siempre inferiores al 3,5 %, a excepción de la estación J3 (3,69 %), cuyo alto contenido en carbonatos ha podido influir en la analítica.

Teniendo en cuenta la relación ya comentada entre batimetría y fracción fina, se constata el incremento del porcentaje de materia orgánica conforme aumenta la profundidad. No obstante, dicho incremento no es lineal y pueden darse bajadas significativas en estaciones profundas (J10, I11 y G7) que van ligadas a la localización de bancos de arena.

### Composición faunística

Se han recolectado 19434 individuos pertenecientes a 682 especies en las 36 estaciones muestreadas. La composición de la macrofauna ha revelado un claro dominio de los anélidos, los crustáceos y los moluscos sobre el resto de grupos faunísticos, tanto desde el punto de vista de las abundancias como de la riqueza específica.

La distribución de las 682 especies de los 19 filos ha quedado como sigue: foraminíferos (2 especies), esponjas (2 especies), cnidarios (27 especies), nemertinos (al menos 3 especies), nemato-

dos (sin determinar), anélidos (330 especies), moluscos (89 especies), artrópodos (182 especies), equiúridos (2 especies), sipuncúlidos (10 especies), briozoos (7 especies), foronídeos (1 especie), entoproctos (1 especie), quetognatos (1 especie), equinodermos (20 especies), hemicordados (1 especie), tunicados (1 especie), cefalocordados (1 especie) y cordados (2 especies).

Por su parte, los 19434 individuos contabilizados se han repartido por orden de abundancia del siguiente modo: anélidos (12110), artrópodos (3651), moluscos (2484), equinodermos (287), cnidarios (145) y resto de grupos (757).

### Abundancia, riqueza específica y diversidad

Las abundancias han mostrado una gran variedad de unas estaciones a otras, oscilando entre 31 indiv/0,6m<sup>2</sup> de la estación J1 y los 1566 indiv/0,6m<sup>2</sup> de la estación I4 (tabla II). Los valores más bajos han coincidido con las estaciones localizadas a menor profundidad (J1 y Z1) con 31 y 92 indiv/0,6m<sup>2</sup> respectivamente. De manera gradual, y conforme aumenta la profundidad, este número se ha visto incrementado hasta 50-80 m de profundidad, cota donde han tenido lugar las mayores densidades (1566 indiv/0,6m<sup>2</sup> en I4; 1389 indiv/0,6m<sup>2</sup> en J8; 1127 indiv/0,6m<sup>2</sup> en G7 o 1048 indiv/0,6m<sup>2</sup> en Z3). A partir de esta profundidad los valores decrecen ligeramente, registrándose en los fondos más profundos de la plataforma continental abundancias intermedias (492 indiv/0,6m<sup>2</sup> en J11; 296 indiv/0,6m<sup>2</sup> en I11; 768 indiv/0,6m<sup>2</sup> en G10 y 468 indiv/0,6m<sup>2</sup> en Z7). Exceptuando los valores de la estación gravosa I4, las mayores densidades han correspondido a las estaciones localizadas en fondos constituidos por sedimentos areno-fangosos (G7), fango-arenosos (J8) y fangosos (Z3).

Como se ha señalado anteriormente, los poliquetos han sido el grupo faunístico más abundante, seguido por los crustáceos y moluscos. En el área estudiada los anélidos han aportado el mayor número de ejemplares en el 75 % de las estaciones. Esta primacía ha sido casi absoluta en los fondos situados por debajo de 35 m. Los crustáceos, que han ocupado el primer lugar en el 25 % de las estaciones restantes, han dominado preferentemente en fondos comprendidos entre 6 y 40 m de profundidad. Aunque los moluscos se han situado en

Tabla II. Descriptores faunísticos y ecológicos empleados en la caracterización ambiental de las estaciones. (A): abundancia en indiv/0,6 m<sup>2</sup>; (S): riqueza específica en número de especies por cada 0,6 m<sup>2</sup>; (H'<sub>AB</sub>): diversidad para las abundancias en bits; (J'): equitatividad.

Estación	A	S	H' <sub>AB</sub>	J'
J1	31	14	3,59	0,94
J2	623	39	2,26	0,43
J3	548	84	5,30	0,83
J4	226	45	4,75	0,86
J5	315	72	5,14	0,83
J7	272	69	5,28	0,86
J8	1 389	120	5,20	0,76
J10	423	96	5,62	0,85
J11	492	78	5,39	0,86
I1	840	45	3,49	0,64
I2	328	72	5,28	0,86
I3	240	68	5,41	0,89
I4	1 566	45	3,51	0,64
I5	618	105	5,28	0,79
I6	324	67	4,83	0,80
I7	804	90	5,41	0,84
I8	926	121	5,79	0,84
I9	655	114	5,91	0,87
I10	597	115	5,72	0,84
I11	296	81	5,50	0,87
G1	188	37	4,35	0,83
G2	227	40	4,28	0,80
G3	450	72	4,45	0,72
G4	665	82	4,12	0,65
G5	671	79	3,66	0,58
G6	512	89	5,23	0,81
G7	1 127	113	5,24	0,77
G9	692	97	4,97	0,75
G10	768	98	5,51	0,83
Z1	92	16	3,12	0,78
Z2	206	70	5,66	0,92
Z3	1 048	118	5,21	0,76
Z4	915	150	6,14	0,85
Z5	633	97	5,63	0,85
Z6	584	102	5,66	0,85
Z7	468	103	5,32	0,80

el tercer lugar en cuanto abundancias totales, han ocupado la segunda posición, tras los poliquetos, en 11 de las 36 estaciones, fundamentalmente en sedimentos profundos y de naturaleza fangosa.

También la riqueza específica ha mostrado gran variabilidad de unas estaciones a otras (tabla II). Los fondos más someros han registrado el menor número de especies (14 en J1 y 16 en Z1), mientras que las mayores riquezas específicas han tenido lugar entre 70 y 125 m, con máximos en torno a 80 m (150 especies en Z4; 121 en I8 y 120 en J8). En función de la granulometría, los sedimentos más finos y profundos han presentado el mayor número de especies, con valores medios de 110 taxones en las

arenas fangosas, 112 en los fangos arenosos y 102 en los sedimentos fangosos.

La diversidad específica ha seguido en términos generales pautas similares a la riqueza específica. Las menores diversidades han correspondido a estaciones infralitorales, destacando J2 con 2,26 bits y Z1 con 3,12 bits. Por el contrario, las diversidades más elevadas se han obtenido en estaciones circalitorales costeras y profundas, especialmente a partir de 80 m de profundidad (6,14 bits en la estación Z4; 5,91 bits en I9; 5,79 bits en I8 y 5,72 bits en I10). Si se atiende a la textura granulométrica se constata una diversidad específica creciente desde los sedimentos más gruesos hacia los más finos y fangosos.

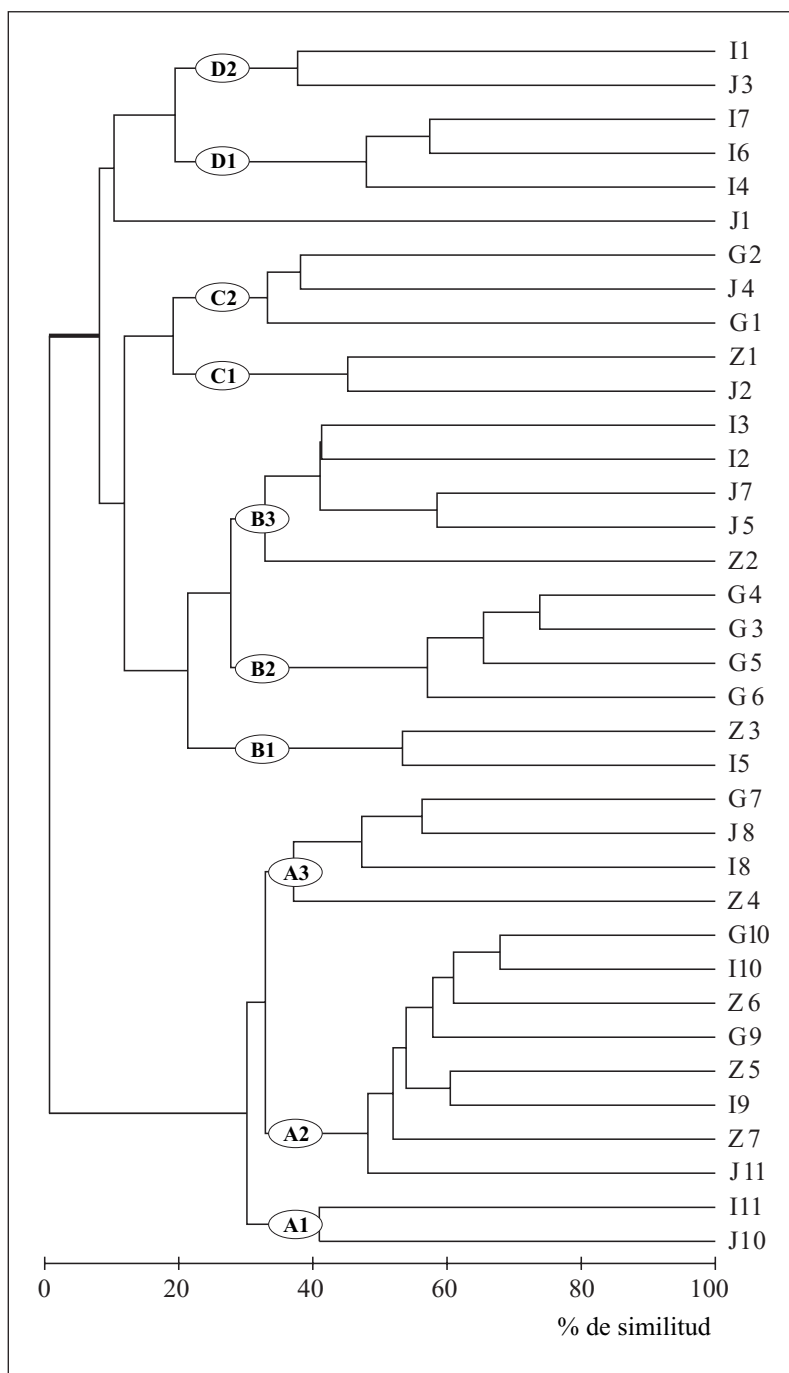
### Comunidades faunísticas

Al haberse obtenido las muestras de forma estandarizada, se procedió a un análisis de las comunidades de las 36 estaciones muestreadas. Con los datos de la matriz de abundancias previamente transformada por logaritmo, se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico de las estaciones a partir del índice de similitud de Bray-Curtis.

Como resultado se obtuvieron cuatro grandes grupos (A, B, C y D) algunos de los cuales, a su vez, se dividieron en otros subgrupos hasta un total de diez. Para la caracterización de las comunidades no se han considerado los datos procedentes de la estación J1 por haberse mostrado excesivamente heterogénea y pobre en las seis réplicas efectuadas (tabla II).

El primer factor discriminador de las estaciones parece corresponder a la batimetría, y el segundo a las características granulométricas (figura 2). A este respecto cabe señalar que en el transcurso de este trabajo se han muestreado los siguientes ambientes sedimentarios: gravas (estación I4); arenas muy gruesas (I6 y I7); arenas gruesas (I1); arenas medias (J1, J2, J7, I3, I5, G1 y Z2); arenas finas (J3, J4, J5, I2, G3, G4, G5 y Z1); arenas fangosas (J10, I11, G2, G7 y Z4); fangos arenosos (J8, I8 y Z7) y fangos (J11, I9, I10, G6, G9, G10, Z3, Z5 y Z6). Para la división de las diferentes regiones de la plataforma continental se han adoptado los criterios de zonación batimétrica propuestos por Glémarec (1973), estableciéndose los siguientes límites: infralitoral (0-25 m de profundidad), circalitoral costero (25-90 m) y circalitoral profundo (90-175 m). Como resultado de to-

Figura 2. Agrupación jerárquica de las estaciones a partir del índice de similitud de Bray-Curtis.



do ello se han identificado 19 asociaciones faunísticas asimilables en su mayoría a comunidades bentónicas clásicas del Atlántico norte europeo y otras áreas adyacentes (tablas III, IV, V y VI).

#### Grupo A

La primera clasificación diferenciada ha agrupado a 14 estaciones que se corresponden con las co-

tas más profundas del área estudiada. La importancia relativa de los diferentes taxones y las características sedimentarias han permitido diferenciar, a su vez, otros tres subgrupos.

El subgrupo A1 está formado por las estaciones J10 e I11. Los sedimentos constituidos por arenas fangosas han presentado unos porcentajes de fangos en torno al 11 %, mientras que la materia orgánica ha oscilado entre 2,18 y 2,86 %. Las abundancias han sido relativamente bajas (con el valor

Tabla III. Características de las poblaciones identificadas en el grupo A del clúster. (A): abundancia en indiv/0,6 m<sup>2</sup>; (S): riqueza específica en número de especies por cada 0,6 m<sup>2</sup>; (H'): diversidad en bits; (Prof.): profundidad en metros.

Grupo A								
Tipo de sedimento	Arena fangosa				Fango arenoso		Fango	
Biotopo/biocenosis/facies	Fangos con <i>G. oculata</i> - <i>Prionospio</i> spp.		Arenas enfangadas con <i>A. crinita</i> - <i>T. ovata</i>		Fangos con <i>T. equalis</i> - <i>P. calliopae</i>		Fangos detríticos con <i>P. calliopae</i>	
A	423		296		468		631	
S	96		81		103		100	
H'	5,62		5,50		5,32		5,54	
Poliquetos (% A - % S)	65,48-67,71		65,54-67,90		60,68-64,08		73,16-64,01	
Crustáceos (% A - % S)	12,77-17,71		13,18-13,58		8,76-10,68		9,59-16,78	
Moluscos (% A - % S)	7,80-7,29		11,82-9,88		24,79-17,48		9,97-8,98	
Otros (% A - % S)	13,95-7,29		9,46-8,64		5,77-7,76		7,28-10,23	
Especies dominantes (%)	<i>G. oculata</i> 9,9	<i>O. steenstrupii</i> 7,8	<i>A. crinita</i> 9,5	<i>T. ovata</i> 7,8	<i>T. equalis</i> 19,9	<i>P. calliopae</i> 6,6	<i>P. calliopae</i> 9,2	<i>M. dorsobranchialis</i> 5,3
	<i>P. fallax</i> 4,7	<i>P. fallax</i> 4,0	<i>P. calliopae</i> 4,7	<i>P. fallax</i> 4,7	<i>M. dorsobranchialis</i> 6,4	<i>S. kroeyeri</i> 4,1	<i>P. ehlersi</i> 3,8	<i>S. kroeyeri</i> 4,1
	<i>T. communis</i> 4,0	<i>T. stroemi</i> 4,0	<i>P. fallax</i> 4,7	<i>O. steenstrupii</i> 4,7	<i>P. ehlersi</i> 6,0	<i>P. ehlersi</i> 3,8	<i>M. minuta</i> 3,8	<i>P. ehlersi</i> 3,8
	<i>T. stroemi</i> 4,0				Nematoda 3,6			
Prof.	119		154		151		101-135	
Estaciones	J10		I11		Z7		G9, G10, I9, I10, J11, Z5, Z6	
Clúster	A1		A1		A2		A2	

Tipo de sedimento	Arena fangosa				Fango arenoso			
Biotopo/biocenosis/facies	Arenas fangosas con <i>T. flexuosa</i> - <i>C. setosa</i>		Fangos detríticos con <i>P. fallax</i> - Owenidae		Fangos con <i>P. fallax</i> - <i>Thyasira</i> spp.		Sedimentos fangosos mixtos con <i>T. stroemi</i> - <i>T. flexuosa</i>	
A	1 127		915		1 389		926	
S	113		150		120		121	
H'	5,24		6,14		5,20		5,79	
Poliquetos (% A - % S)	63,98-60,18		70,35-65,33		60,12-61,67		67,60-59,50	
Crustáceos (% A - % S)	9,41-21,24		16,83-17,33		8,21-15,83		9,07-12,30	
Moluscos (% A - % S)	25,75-13,27		6,89-7,35		29,01-10,83		18,57-14,88	
Otros (% A - % S)	0,88-5,31		5,93-10,01		2,66-11,67		4,76-13,32	
Especies dominantes (%)	<i>T. flexuosa</i> 14,9	<i>C. setosa</i> 13,0	<i>P. fallax</i> 7,8	<i>M. daniesseni</i> 7,6	<i>P. fallax</i> 11,0	<i>T. flexuosa</i> 10,8	<i>T. stroemi</i> 7,3	<i>T. flexuosa</i> 6,5
	<i>S. kroeyeri</i> 4,8	<i>L. cingulata</i> 4,7	<i>G. oculata</i> 5,1	<i>T. stroemi</i> 4,0	<i>T. equalis</i> 8,4	<i>S. kroeyeri</i> 6,6	<i>S. kroeyeri</i> 5,3	<i>L. nonatoi</i> 5,0
	<i>L. cingulata</i> 4,7	<i>T. stroemi</i> 4,1	<i>A. spinipes</i> 2,5	<i>A. spinipes</i> 2,5	<i>S. kroeyeri</i> 6,6	<i>A. finmarchica</i> 5,1	<i>L. nonatoi</i> 5,0	<i>A. finmarchica</i> 4,9
	<i>T. stroemi</i> 4,1				<i>A. finmarchica</i> 5,1			
Prof.	73		79		75		82	
Estaciones	G7		Z4		J8		I8	
Clúster	A3		A3		A3		A3	

medio de 360 indiv/0,6 m<sup>2</sup>), y la riqueza específica moderadamente elevada (96 y 81 taxones respectivamente); consecuentemente, las diversidades es-

pecíficas obtenidas han sido muy elevadas (superiores a 5,50 bits). En este subgrupo no ha habido especie alguna que haya dominado netamente so-

bre el resto, significándose un reparto bastante homogéneo entre todas ellas. Los poliquetos dominan tanto a nivel específico como numérico sobre el resto de grupos faunísticos (tabla III).

Por orden de abundancia, los taxones que han presentado las mayores dominancias han sido los poliquetos *Galathowenia oculata* (Zachs, 1923), *Prionospio ehlersi* Fauvel, 1928, *Auchenoplax crinita* Ehlers, 1887, *Paradiopatra calliopae* Arvanitidis y Koukouras, 1997, *Ampharete finmarchica* (Sars, 1866) y *Terebellides stroemi* Sars, 1835; los moluscos *Timoclea ovata* (Pennant, 1777) y *Turritella communis* Risso, 1826; y el sipuncúlido *Onchnesoma steenstrupii* Koren y Danielsen, 1875. Las dominancias relativas de las diversas especies permiten asignar en este subgrupo A1 dos asociaciones más o menos diferenciadas: una facies de *G. oculata-Prionospio* spp. (estación J10) y una facies de *A. crinita-T. ovata* (I11).

El subgrupo A2 incluye 8 estaciones que coinciden con las áreas más profundas muestreadas, entre los 90 y 155 m de profundidad. Los sedimentos se han caracterizado por los elevados contenidos de fango, con porcentajes que han oscilado entre 39,18 % (estación Z7) y 87,40 % (estación I10). La

materia orgánica ha alcanzado también porcentajes considerables en todas ellas, con valores mínimos en la estación I9 (3,52 %), máximos en I10 (6,54 %) y valores medios para el conjunto del grupo de 5,45 %. La diversidad específica ha sido muy elevada en las 8 estaciones. En todos los casos ha superado ampliamente 5 bits, con la única excepción de la estación G9, que ha presentado un valor de 4,97 bits. El número medio de ejemplares por estación se ha situado alrededor de 500 indiv/0,6 m<sup>2</sup>, y el número de especies alrededor del centenar.

En los fangos arenosos del final de la plataforma continental (estación Z7) los moluscos adquieren especial relevancia tras los poliquetos debido a las densidades que alcanza *Thyasira equalis* Verrill y Bush, 1898, bivalvo que llega a constituir hasta el 25 % de la comunidad general. Por su parte, en los sedimentos puramente fangosos –con tasas de fangos que alcanzan el 87 % del sedimento–, los poliquetos acumulan el 75 % total de abundancias, destacando de manera significativa *P. calliopae*.

Considerando conjuntamente los datos, las mayores densidades han correspondido a los poliquetos *P. calliopae*, *Monticellina dorsobranchialis*

Tabla IV. Características de las poblaciones identificadas en el grupo B del clúster. (A): abundancia en indiv/0,6 m<sup>2</sup>; (S): riqueza específica en número de especies por cada 0,6 m<sup>2</sup>; (H'): diversidad en bits; (Prof.): profundidad en metros.

Grupo B										
Tipo de sedimento	Arena media		Fango		Arena fina		Fango		Arenas medias Arenas finas	
Biotopo/ biocenosis/ facies	Arenas mixtas con <i>Lumbrineris</i>		Fangos con <i>T. flexuosa-T. compressa</i>		Biocenosis de arenas finas bien calibradas		Fangos con <i>C. pusilla</i>		Arenas limpias de <i>E. cordatum</i>	
A	618		1048		595		512		272	
S	105		118		78		89		70	
H'	5,28		5,21		4,08		5,23		5,35	
Poliquetos (% A - % S)	61,97-48,57		52,96-56,80		70,51-43,15		66,60-61,80		35,74-33,33	
Crustáceos (% A - % S)	17,48-32,38		16,13-23,73		22,81-32,72		18,36-16,85		45,66-41,31	
Moluscos (% A - % S)	16,50-10,48		28,34-10,17		3,21-14,99		4,30-8,99		8,01-12,54	
Otros (% A - % S)	4,05-8,57		2,57-9,30		3,47-9,14		10,74-12,36		10,59-12,82	
Especies dominantes (%)	<i>L. cingulata</i>	18,3	<i>T. flexuosa</i>	16,7	<i>M. johnstoni</i>	38,7	<i>M. johnstoni</i>	13,9	<i>L. longipes</i>	6,5
	<i>C. gibber</i>	10,7	<i>T. compressa</i>	6,7	<i>A. brevicornis</i>	6,9	<i>C. gibber</i>	7,6	<i>A. brevicornis</i>	6,0
	<i>T. flexuosa</i>	10,0	<i>P. fallax</i>	5,3	<i>S. bombyx</i>	6,0	<i>A. brevicornis</i>	6,8	<i>S. bombyx</i>	5,7
	<i>S. bombyx</i>	3,4	<i>S. bombyx</i>	5,2	<i>P. armata</i>	4,7	<i>P. fallax</i>	5,7	<i>N. cirrosa</i>	4,1
	<i>A. finmarchica</i>	2,4	<i>L. gracilis</i>	5,0	<i>U. pulchella</i>	4,5	<i>C. pusilla</i>	5,3	<i>L. cingulata</i>	3,1
Prof.	63		49		34-50		60		41-65	
Estaciones	I5		Z3		G3, G4, G5		G6		I2, J5, J7, I3, Z2	
Clúster	B1		B1		B2		B2		B3	

Tabla V. Características de las poblaciones identificadas en el grupo C del clúster. (A): abundancia en indiv/0,6 m<sup>2</sup>; (S): riqueza específica en número de especies por cada 0,6 m<sup>2</sup>; (H'): diversidad en bits; (Prof.): profundidad en metros.

Grupo C						
Tipo de sedimento	Arena fina		Arena media		Arenas finas Arenas fangosas	
Biotopo/biocenosis/facies	Comunidad empobrecida de arenas limpias infralitorales		Arenas infralitorales con <i>N. cirrosa</i> - <i>Bathyporeia</i> spp.		Arenas compactas con <i>U. pulchella</i> - <i>Ampelisca</i> spp.	
A	338		188		227	
S	23		37		43	
H'	2,69		4,35		4,52	
Poliquetos (% A - % S)	16,78-32,14		18,09-24,32		22,96-27,06	
Crustáceos (% A - % S)	82,52-60,71		61,70-51,35		66,89-55,29	
Moluscos (% A - % S)	—		15,96-16,22		6,40-10,59	
Otros (% A - % S)	0,7-7,15		4,25-8,11		3,75-7,06	
Especies dominantes (%)	<i>D. pugilator</i>	68,5	<i>N. cirrosa</i>	13,3	<i>U. pulchella</i>	11,9
	<i>Polydora</i> sp. A	4,7	<i>D. pugilator</i>	12,7	<i>D. pugilator</i>	8,4
	<i>N. cirrosa</i>	2,8	<i>D. digitaria</i>	10,6	<i>A. brevicornis</i>	7,7
	<i>D. uncinata</i>	2,5	<i>B. pelagica</i>	9,6	<i>M. johnstoni</i>	5,7
	<i>Eurydice</i> sp.	2,4	<i>S. kroeyeranus</i>	9,0	<i>N. cirrosa</i>	4,9
Prof.	6-15		17		22-35	
Estaciones	Z1-J2		G1		G2-J4	
Clúster	C1		C2		C2	

(Kirkegaard, 1959), *P. ehlersi*, *Spiophanes kroeyeri* Grube, 1860, *Magelona minuta* Eliason, 1962, *Prionospio fallax* Söderstrom, 1920, *G. oculata* y *Nephtys incisa* Malmgren, 1865; los moluscos *T. equalis*, *Thyasira flexuosa* (Montagu, 1803), *Keliella biscayensis* Allen, 2000 y *T. ovata*; los crustáceos *Callianassa subterranea* (Montagu, 1808) e *Iphinoe serrata* Norman, 1867; y el sipuncúlido *O. steens-trupii*.

La última subdivisión del grupo A incluye cuatro estaciones localizadas en los cuatro sectores estudiados. En sus fondos, constituidos por arenas fangosas y fangos arenosos, se han identificado otras tantas asociaciones bentónicas (tabla III). La cota de profundidad es muy similar en ellas y se mueve en un rango muy estrecho de tan sólo 9 metros (73 m en G7 frente a 82 m en I8). Analizadas en conjunto, presentan como características más significativas los moderadamente elevados contenidos de materia orgánica, y también las elevadas abundancias, riqueza específica y diversidad. Aunque los poliquetos dominan claramente en la macrofauna de esta zona, que marca la frontera entre las regiones media y externa de la plataforma continental, los moluscos pueden llegar a alcanzar una considerable

importancia relativa dentro de la comunidad (estaciones G7 y J8).

En este subgrupo A3 las mayores dominancias han correspondido a los poliquetos *P. fallax*, *S. kroeyeri*, *Chaetozone setosa* Malmgren, 1867, *T. stroemi*, *A. finmarchica*, *Lumbrineris cingulata* (Ehlers, 1897); los moluscos *T. flexuosa* y *T. equalis*; y el anfípodo *Ampelisca tenuicornis* Liljeborg, 1855.

#### Grupo B

El segundo grupo del cluster está compuesto por 11 estaciones localizadas en el circalitoral costero. En esta región interna de la plataforma continental los sedimentos han sido fundamentalmente arenosos, y los subgrupos que el programa informático ha discriminado han sido tres.

Entre 49 y 63 m de profundidad se ha diferenciado el subgrupo B1, formado por las estaciones I5 y Z3. Las características granulométricas han sido muy diferentes (arenas medias en el primer caso y fangos en el segundo). Ambas coinciden en el número de especies identificadas (105 en I5 y 118 en Z3), pero no sucede así con las abundancias



(616 indiv/0,6 m<sup>2</sup> en I5 frente a 1 048 indiv/0,6 m<sup>2</sup> en Z3). La distribución específica en cada una de ellas ha conducido a diferenciar 2 asociaciones bentónicas con identidad propia (tabla IV).

Consideradas en su conjunto, las especies más abundantes en B1 han correspondido a los poliquetos *L. cingulata*, *Chaetozone gibber* Woodham y Chambers, 1994, *Spiophanes bombyx* (Claparède, 1870), *P. fallax*, *A. finmarchica*, *Levinsenia gracilis* (Tauber, 1879), *Nephtys hombergi* Savigny, 1818, *Aponuphis bilineata* Baird, 1870, *G. oculata*; los moluscos *T. flexuosa* y *Tellina compressa* Brocchi, 1841; y los crustáceos *Ampelisca brevicornis* (Costa, 1853) y *Ampelisca spinipes* Boeck, 1861.

En el sector elegido en Getaria y en fondos comprendidos entre los 34 m y 60 m, se ha localizado el subgrupo B2, que presenta ciertas diferencias entre algunas de sus estaciones.

Las características granulométricas son muy similares en las estaciones G3, G4 y G5. En ellas los valores de fangos y materia orgánica son muy parecidos (con rangos de 2,78-4,17 % y 2,77-2,91 % respectivamente), así como el tipo de sedimento (arenas finas) y de selección (moderadamente buena). Las comunidades animales en estas arenas finas,

compactas y relativamente estables se han encuadrado en una biocenosis de arenas finas bien calibradas.

En este grupo, el enriquecimiento de la tasa de fangos provoca una reducción de las asociaciones de *Magelona johnstoni* Fiege, Licher y Mackie, 2000, a la vez que se incrementa la importancia relativa de otras especies como *P. fallax*, *C. gibber*, *T. flexuosa* y *Cavernularia pusilla* (Philippi, 1835). Esta situación es lo que se ha producido en la estación G6, donde el fango alcanza porcentajes mucho más elevados (51,60 %), así como la materia orgánica (5,67 %). Las especies dominantes han llevado a incluir esta estación dentro de una asociación de fangos con *C. pusilla*.

Las especies características en la primera asociación citada han sido los poliquetos *Paradoneis armata* Glémarec, 1967, *S. bombyx* y *M. johnstoni* y los crustáceos *A. brevicornis*, *Urothoe pulchella* (Costa, 1853) y *Callianassa truncata* Giard y Bonnier, 1890, mientras que en la segunda biocenosis han destacado por su abundancia el pennatuláceo *C. pusilla*; los poliquetos *L. cingulata*, *Paradoneis ilvana*, *S. bombyx*, *P. fallax*, *M. johnstoni* y *C. gibber*; y los crustáceos *A. brevicornis*, *U. pulchella* y *C. truncata*.

Tabla VI. Características de las poblaciones identificadas en el grupo D del clúster. (A): abundancia en indiv/0,6 m<sup>2</sup>; (S): riqueza específica en número de especies por cada 0,6 m<sup>2</sup>; (H'): diversidad en bits; (Prof.): profundidad en metros.

Grupo D								
Tipo de sedimento	Grava		Arena muy gruesa		Arena gruesa		Arena fina	
Biotopo/biocenosis/facies	Arenas gruesas heterogéneas con <i>Mediomastus</i>			Arenas gruesas de <i>Amphioxus</i>		Arenas finas con <i>Amphioxus</i>		
A	1566		564		838		548	
S	45		79		44		84	
H'	3,51		5,12		3,49		5,30	
Poliquetos (% A - % S)	76,63-51,11		64,65-58,05		61,10-38,64		43,30-42,17	
Crustáceos (% A - % S)	12,26-26,67		7,28-12,06		19,81-29,55		40,18-34,94	
Moluscos (% A - % S)	3,07-8,89		15,45-16,16		2,63-18,18		7,89-10,84	
Otros (% A - % S)	8,04-13,33		12,62-13,75		16,46-13,63		8,63-12,05	
Especies dominantes (%)	<i>Mediomastus</i> sp. A	35,6	<i>Mediomastus</i> sp. A	17,5	<i>P. remota</i>	30,8	<i>S. martinensis</i>	12,5
	<i>P. appendiculatus</i>	23,4	<i>P. appendiculatus</i>	7,6	<i>S. martinensis</i>	22,7	<i>P. appendiculatus</i>	9,2
	<i>G. intermedia</i>	6,1	Nematoda	5,4	<i>B. lanceolatum</i>	9,8	<i>P. remota</i>	7,2
	<i>G. lapidum</i>	4,2	<i>P. kefersteini</i>	5,3	<i>G. normani</i>	6,9	<i>A. hyndmani</i>	6,1
	<i>A. squamata</i>	3,1	<i>G. triangularis</i>	3,5	Nematoda	4,1	<i>G. sanctus</i>	3,1
Prof.	54		65-74		28		41	
Estaciones	I4		I6, I7		II		J3	
Clúster	D1		D1		D2		D2	

Constituido por las estaciones J5, J7, I2, I3 y Z2, el subgrupo B3 presenta como características más destacables los bajos porcentajes de fangos y de materia orgánica y unas selecciones moderadamente buenas; todas ellas se localizan en la región media superior del circalitoral costero. En estos sedimentos constituidos por arenas medias (I3, J7 y Z2) y arenas finas (I2 y J5), los valores de la diversidad específica han sido relativamente elevados (por encima de 5 bits). A pesar de la diferente naturaleza en los sedimentos, se han incluido las cinco estaciones en la misma asociación. Denominada como arenas limpias de *Echinocardium cordatum*, se ha caracterizado por la equiparidad entre poliquetos y crustáceos y por la ausencia de dominancias altas de las especies presentes en ella. Entre los taxones más abundantes en esta asociación se encuentran los poliquetos *S. bombyx*, *L. cingulata*, *Nephtys cirrosa* Ehlers, 1868 y *C. gibber*; los crustáceos *A. brevicornis*, *Lembos longipes* (Liljeborg, 1852), *Philocheras bispinosus* (Hailstone, 1835) y *Anapagurus laevis* (Bell, 1845); y el erizo irregular *Echinocardium cordatum* (Pennant, 1777).

#### Grupo C

Las estaciones más someras localizadas en la zona infralitoral y primeros metros del circalitoral costero han quedado englobadas en el grupo C. Las profundidades han oscilado entre 6 y 35 m y los sedimentos han variado de arenas medias a arenas fangosas. Las características propias de estas estaciones han permitido, a su vez, diferenciar dos subgrupos.

El subgrupo C1 formado por las estaciones Z1 y J2, ha correspondido a las dos cotas de menor profundidad (6 y 15 m respectivamente). El aspecto más significativo ha sido la total ausencia de moluscos en ambas estaciones y los bajos valores obtenidos para abundancias, riqueza específica y diversidad. En ambas estaciones los crustáceos dominan claramente la comunidad, en particular el cangrejo ermitaño *Diogenes pugilator* (Roux, 1829), del que se han obtenido densidades de hasta 429 indiv/0,6 m<sup>2</sup> en la estación J2.

Los sedimentos varían, estando constituidos por arenas medias en la estación J2 y arenas finas en la Z1; siendo el contenido en carbonatos prácticamente idéntico en ambas estaciones (45,31 y 45,75 % respectivamente).

A considerable distancia de *D. pugilator*, los poliquetos *Polydora* sp. A, *N. cirrosa*, *Dispio uncinata* Hartman, 1951 y *Scolelepis bonnierii* (Meslin, 1896) y los crustáceos *Eurydice* sp., *Bathyporeia elegans* Watkin, 1938, *Hippomedon* sp. y *Urothoe brevicornis* Bate, 1862 han presentado las mayores densidades (tabla V).

En la frontera que separa los fondos infralitorales y el circalitoral costero se ha localizado el subgrupo C2. Las estaciones G1, G2 y J4 que han formado esta agrupación se hallan en fondos comprendidos entre 17 y 35 m. Los sedimentos se han mostrado más heterogéneos y constituidos por arenas medias (G1), arenas finas (J4) y arenas fangosas (G2). Las comunidades faunísticas, aunque muestran cierta similitud con el subgrupo anterior, se muestran más ricas, abundantes y diversas. Los crustáceos continúan siendo el grupo que ha presentado las mayores abundancias y la riqueza específica más elevada. Los taxones que han presentado las mayores densidades en este subgrupo han correspondido a los crustáceos *D. pugilator*, *U. pulchella*, *A. brevicornis* y *Siphonocetes kroyeranus* Bate, 1856; los poliquetos *N. cirrosa* y *M. johnstoni*; y el bivalvo *Digitaria digitaria* (Linnaeus, 1758).

#### Grupo D

En las arenas más gruesas correspondientes a las estaciones del grupo D se han diferenciado dos asociaciones (tabla VI). La primera de ellas, asignada como arenas gruesas heterogéneas de *Mediomastus* ha aparecido en las gravas y arenas muy gruesas incluidas en el subgrupo D1 (estaciones I4, I6 e I7). En esta asociación faunística han destacado las abundancias relativas de los anélidos *Mediomastus* sp. A, *Glycera lapidum* Quatrefages, 1865, *Polygordius appendiculatus* Fraipont, 1887, los nematodos, el bivalvo *Goodalia triangularis* (Montagu, 1803), el decápodo *Galathea intermedia* Liljeborg, 1851 y el ofiuro *Amphipholis squamata* (Chiaje, 1828).

En sedimentos gruesos de menor profundidad (estación I1) se ha identificado una comunidad de arenas gruesas de *Amphioxus*. Aunque comparten algunas especies con la asociación anteriormente comentada, existen diferencias suficientes para incluirla en otro subgrupo (D2). Entre las especies más significativas destacan los poliquetos *Pisione remota* (Southern, 1914) y *Spio martinensis* Mesnil,

1896; el misidáceo *Gastrosaccus normani* (Sars, 1877); el anfípodo *Atylus falcatus* Metzger, 1871; y el cefalocordado *Branchiostoma lanceolatum* (Pallas, 1774).

La estación J3, que junto a la II componen el subgrupo D2, se ha caracterizado por poseer unos fondos constituidos por arenas finas. A pesar de mantener muchas especies comunes, las discrepancias granulométricas se reflejan en variaciones de la comunidad bentónica presente. Entre los aspectos más destacados se distinguen el incremento de la importancia relativa de los crustáceos, de la diversidad específica y de la riqueza específica. Por otra parte, el cefalocordado *B. lanceolatum*, especie que da nombre a la asociación, experimenta un descenso muy acusado de sus poblaciones.

## DISCUSIÓN

La plataforma continental de Guipúzcoa se caracteriza, entre otros aspectos, por su escaso desarrollo y heterogeneidad espacial. Su posición respecto a los vientos dominantes y pronunciada pendiente le confieren una hidrodinámica muy activa, lo que unido a la presencia diseminada de afloramientos rocosos circalitorales posibilitan la existencia de una amplia variedad de ambientes sedimentarios y biotopos susceptibles de ser explotados por las comunidades bentónicas.

Los datos obtenidos en el transcurso de este estudio han confirmado las observaciones de un trabajo preliminar anterior realizado también en la costa guipuzcoana (Martínez y Adarraga, 2001). De ambos estudios se deduce que la plataforma continental de Guipúzcoa acoge una gran variedad de asociaciones bentónicas, asimilables, en gran medida, a algunas de las comunidades bentónicas clásicas definidas en regiones geográficas próximas (Petersen, 1913, 1915, 1918; Stephen, 1930; Jones, 1950; Thorson, 1957; Pérès y Picard, 1964).

Hasta 19 asociaciones faunísticas bentónicas se han identificado del conjunto de las 36 estaciones estudiadas. Si bien es cierto que a priori este número puede resultar elevado (15 están representadas por una única estación), el análisis detallado y completo de la totalidad de la biota identificada en cada una de las muestras nos ha llevado a dotarlas de identidad propia. Otro tanto cabe decir de aquellas estaciones que aun perteneciendo a un

mismo grupo del clúster se han asignado a diferentes asociaciones bentónicas.

Debido a las especiales características fisiográficas de la costa guipuzcoana las diferentes regiones de la plataforma continental se han investigado de manera desigual. El estudio del piso infralitoral resulta especialmente complicado en esta costa, ya que si exceptuamos playas o desembocaduras de rías, los fondos blandos comienzan a aparecer a partir de los 25 m de profundidad.

En los primeros metros de la zona infralitoral la fauna bentónica ha sido particularmente pobre, tanto cuantitativa como cualitativamente. La inestabilidad del sustrato consecuencia de las rigurosas condiciones hidrodinámicas determina la presencia de organismos dotados de gran movilidad y carácter oportunista. En estos ambientes, la macrofauna se haya dominada por crustáceos de la familia Haustoriidae y del orden Mysidacea. Entre los poliquetos abundan los ejemplares de la familia Spionidae. Esta comunidad empobrecida por factores hidrodinámicos ha sido ampliamente descrita en el intermareal e infralitoral de diversas regiones del Atlántico norte: Mazé, Laborda y Luis (1990) en Galicia; Lastra *et al.* (1990) en la bahía de Santander, Monteiro (1984) y Dexter (1990) en Portugal o Lagardère (1966) en las costas francesas, entre otros. Nuestra experiencia de estudios anteriores en la costa guipuzcoana, nos lleva a considerar que en condiciones de mayor estabilidad sedimentaria como ocurre en playas o bahías protegidas esta asociación tendería a evolucionar hacia una comunidad boreal de *Tellina* de Stephen (1930); tal y como ocurre en diversas playas de las rías gallegas (Viéitez, 1976, 1981; Anadón, 1980; Laborda, 1986; Junoy, 1988).

Unos metros por debajo, el hidrodinamismo va perdiendo intensidad, lo cual se traduce en unas comunidades faunísticas de mayor complejidad estructural. En las arenas medias la facies *N. cirrosa-Bathyporeia* spp. domina en los fondos limpios comprendidos entre los 10 y 20 m de profundidad. *N. cirrosa* constituye la fracción mayoritaria de la biomasa; a la vez que las especies de crustáceos dominan cualitativamente la macrofauna. Ocasionalmente las poblaciones del cangrejo ermitaño *D. pugilator* pueden llegar a ser muy numerosas. La distribución específica de esta facies localizada en fondos infralitorales relativamente inestables concuerda en gran medida con la comunidad de *Venus gallina* de Petersen (1913, 1918).

En la frontera que separa la zona infralitoral de la circalitoral, donde los sedimentos poseen unas tasas apreciables de fangos, las comunidades han presentado diversidades moderadamente elevadas. Los crustáceos continúan constituyendo la fracción mayoritaria de la macrofauna tanto en abundancia como en riqueza específica. Las especies varían sin embargo respecto a la asociación faunística anterior. Entre las principales diferencias destaca el incremento gradual de la diversidad de especies y familias de anélidos poliquetos. Los taxones más abundantes en estos fondos (*U. pulchella*, *A. brevicornis*, *D. pugilator*, *O. fusiformis* y *M. johnstoni*) coinciden en parte con aquellos que definen la biocenosis de arenas finas bien calibradas de Pérès y Picard (1964) en el Mediterráneo o la asociación arenosa boreal costera de Jones (1950) en el Atlántico. Designada aquí como arenas compactas con *U. pulchella*-*Ampelisca* spp., esta biocenosis podría incluirse dentro de la comunidad superficial de *Venus* (Petersen, 1918).

Esta comunidad de *Venus* se extiende con ciertas variaciones a lo largo de los sedimentos arenosos del primer tramo del circalitoral costero, en profundidades comprendidas entre los 35 y 50 m. La primera de ellas se encuentra en las estaciones G3, G4 y G5. En estas estaciones incluidas en el subgrupo B2 la dominancia del poliqueto *M. johnstoni* es absoluta. Estudios realizados en áreas influenciadas por vertidos urbanos en la costa guipuzcoana (Martínez y Adarraga, 2003) muestran que incrementos progresivos de fangos y materia orgánica desplazan esta biocenosis de arenas finas bien calibradas hacia una comunidad de *Abra alba*.

En las arenas finas y medias circalitorales limpias comprendidas entre 40 y 65 m de profundidad las comunidades faunísticas comparten especies comunes con las comunidades de *Venus* y sobre todo de *Amphiura* de Thorson (1957), faltando como suele ser habitual en la costa vasca las especies que le dan nombre (Martínez y Adarraga, 2001; Borja *et al.*, 2004). En estos fondos con selección moderadamente buena y bajos porcentajes de fangos y materia orgánica el erizo irregular *E. cordatum* puede llegar a alcanzar densidades superiores a 50 indiv/m<sup>2</sup> y constituir el 75 % de la biomasa. Dos han sido las biocenosis identificadas en las arenas medias incluidas en el grupo B del cluster. La primera de ellas a la que hemos denominado como arenas limpias de *E. cordatum* se ha encontrado en las estaciones del subgrupo B3. La segunda agrupación

faunística ha correspondido a una facies de arenas mixtas de *Lumbrineris*. Incluida en el grupo B1 se correspondería a una situación transitoria entre una comunidad de *Venus* y una comunidad de *Amphiura* de Thorson (1957).

Las dos facies del circalitoral costero de granulometría más gruesa correspondientes a las estaciones del grupo D (tabla VI) se podrían enclavar dentro de una comunidad profunda de *Venus* o comunidad de *Spatangus purpureus*-*Venus fasciata* de Ford (1923). Agrupación faunística similar a la asociación de gravas boreal costera de Jones (1950) o a la comunidad de *V. fasciata*-*Spisula elliptica*-*Branchiostoma* de Thorson (1957). Asociadas con ambientes sometidos a corrientes profundas de cierta intensidad, aparecen en áreas próximas a los afloramientos rocosos circalitorales con bajos porcentajes de materia orgánica. Comunidades prácticamente idénticas a ésta han sido descrita por López-Jamar y González (1987) en la plataforma continental de Galicia, por Connor *et al.* (1997) en las costas británicas y por Cabioch (1968) y Dauvin (1988) en el Canal de La Mancha. La disminución de los porcentajes de arenas gruesas ligada a incrementos de arenas finas desplazan esta comunidad hacia una comunidad general de *Venus* (Thorson, 1957) o hacia una biocenosis de arenas finas bien calibradas de Pérès y Picard (1964).

A partir de 50 m de profundidad y hasta el final de la plataforma continental, los sedimentos están constituidos en su mayor parte por arenas fangosas, fango-arenosas y fangos. Las comunidades faunísticas muestran características comunes como son el dominio absoluto de los poliquetos y la primacía de los moluscos sobre los crustáceos. Los valores de la diversidad específica son muy elevados, superando ampliamente los 5 bits y alcanzando en algún caso los 6 bits (estación Z4). Las composiciones específicas de las diez asociaciones identificadas en estos ambientes (tabla IV y V) resultan similares a la que caracterizan la comunidad de *Amphiura* de Thorson (1957).

Existen sin embargo algunas situaciones en las que la macrofauna refleja estadios intermedios entre varias comunidades. Así por ejemplo, las especies que determinan las cuatro poblaciones del grupo A3 presentes en el último tramo del circalitoral costero (73-82 m de profundidad), muestran distribuciones similares a las existentes en las comunidades de *Amphiura* (J8 y G7) y las de *Maldane* (I8 y Z4) de Thorson (1957).

Especial mención merecen las dos poblaciones identificadas en los fondos fangosos del circalitoral costero. Asignadas como facies de *T. flexuosa*-*T. compressa* (estación Z3) y fangos de *C. pusilla* (estación G6) presentan una distribución específica propia de la comunidad de *Amphiura*. Sin embargo, queremos destacar que dos de las especies dominantes como son el bivalvo *T. compressa* y el alcionario *C. pusilla* se hayan ausentes en el resto de la cornisa cantábrica. Con una distribución típica del Mediterráneo y de las costas atlánticas africanas (Gili y Pagès, 1987; Williams, 1989, Poppe y Goto, 1993 y Le Loeuff e Intès, 1993), la presencia de estos taxones relativamente comunes en la costa vasca (Altuna, 1994; Martínez y Adarraga, 2001, 2003; Altuna, Aguirrezabalaga y Martínez, 2006) supone una interesante anomalía biogeográfica.

Conforme aumenta la profundidad de la plataforma continental los sedimentos se vuelven más finos y las comunidades más diversas. Las arenas fangosas representadas por las dos estaciones del subgrupo A1 se han caracterizado por la ausencia de dominancias claras de alguna de las especies presentes y los bajos porcentajes de materia orgánica y contenido en fangos, valores inferiores a los habituales en estos biotopos en la costa guipuzcoana (Martínez y Adarraga, 2001). Las dominancias relativas de las diversas especies permiten diferenciar en este subgrupo A1 dos asociaciones más o menos diferenciadas: una facies de *G. oculata*-*Prionospio* spp. (estación J10) y una facies de *A. crinita*-*T. ovata* (I11). Ambas agrupaciones podrían definirse como variantes o subcomunidades en áreas de transición entre una comunidad típica de *Amphiura* y una biocenosis de arenas fangosas profundas de la plataforma continental.

En las ocho estaciones del subgrupo A2 las comunidades faunísticas han mostrado una notable semejanza. En estos fondos circalitorales profundos las condiciones ambientales se mantienen relativamente estables, lo cual se traduce en la presencia de unas comunidades bentónicas muy regulares espacialmente. Consideradas en conjunto, las cuatro asociaciones descritas en este dominio litoral se asemejan a la biocenosis descrita por Martínez y Adarraga (2001) bajo el nombre de arenas de *A. crinita*-*P. calliopae*-*Ditrupea arietina* en los fondos profundos de la plataforma continental frente a la costa de San Sebastián, a la biocenosis de arenas enfangadas de *A. crinita*-*Notria lepta* por Cornet *et al.* (1983) en la zona profunda de la plataforma conti-

ental aquitana e incluso a la biocenosis del detrítico profundo descrita por Picard (1965) en la costa mediterránea de Marsella; biocenosis que como en el caso anterior se pueden adscribir a estadios transitorios entre la comunidad de *Amphiura* y la comunidad de fondos profundos de la plataforma.

A modo de resumen, los datos obtenidos en el conjunto de las 36 estaciones permiten identificar por tanto, una comunidad boreal de *Tellina* empobrecida en fondos expuestos de arenas medias infralitorales comprendidos entre los 5 y 15 m, la comunidad de *Venus* en arenas medias y finas entre los 20 y 50 m de profundidad y la comunidad de *Amphiura* en arenas fangosas y fangos desde los 50 m hasta los 150 m aproximadamente. Eventualmente, se encuentra la comunidad de *Maldane* en fondos fangosos detríticos del circalitoral costero y la comunidad profunda de *Venus* o de *V. fasciata*-*S. elliptica*-*Branchiostoma* de Thorson (1957) en las gravas y arenas gruesas que se extienden en zonas muy concretas de la plataforma.

En sus diferentes subcomunidades o facies, la comunidad de *Amphiura* ocupa por tanto la mayor superficie de la plataforma continental de Guipúzcoa. El dominio y extensión de esta comunidad ya ha sido señalado en otras regiones geográficas de latitudes muy próximas como López-Jamar (1981) en la plataforma continental de Galicia (Atlántico) y Desbruyères, Guille y Ramos (1972) en la plataforma continental catalana (Mediterráneo). La principal característica de esta asociación en la costa guipuzcoana es el reducido número de individuos de la especie que da nombre a la comunidad (Martínez y Adarraga, 2001). Las máximas densidades de *Amphiura* encontradas en este trabajo no han superado los 10 indiv/m<sup>2</sup>. Estos valores distan mucho de los 300-400 indiv/m<sup>2</sup> que cita Buchanan (1964) en el Mar del Norte, los 300-1 450 indiv/m<sup>2</sup> de O'Connor, Bowmer y Grehan (1983) en Irlanda, los 100-500 indiv/m<sup>2</sup> de Glémarec y Menesguen (1980) en las costas atlánticas francesas, los 540 indiv/m<sup>2</sup> de Ockelmann y Muus (1978) en Dinamarca o los más de 150 indiv/m<sup>2</sup> de Gerdes (1977) en Alemania.

La razón de estas bajas densidades registradas podría explicarse, en parte, por la propia distribución de la comunidad de *Amphiura* en la costa guipuzcoana. Estudios sobre la ecología y distribución de *A. filiformis* parecen demostrar que las elevadas densidades de esta especie se restringen a fondos no excesivamente profundos (Bowmer, 1982); sin

embargo esta comunidad comienza a aparecer de manera regular en la plataforma continental de Guipúzcoa a partir de los 35-40 m de profundidad, profundidades donde generalmente esta especie suele tener bajas densidades (Buchanan, 1964).

Otra posible explicación vendría dada por el carácter meridional de la costa vasca. En comunidades de *Amphiura* identificadas en el Mediterráneo, las densidades de esta ofiura son notablemente inferiores a los registrados en las mismas comunidades del Atlántico. Así, Zavodnik (1972) en el Adriático cita densidades de 15 indiv/m<sup>2</sup>, Cattaneo (1981) en la plataforma de Liguria contabiliza 21 indiv/m<sup>2</sup> y López-Jamar y González (1987) refieren 15-60 indiv/m<sup>2</sup> en las costas de Tarragona. Estos valores son similares a los observados en este estudio en la la plataforma guipuzcoana

A la vista de los resultados obtenidos se puede afirmar que los valores de la diversidad específica obtenidos en el conjunto de estaciones pueden considerarse en términos generales muy elevados, lo cual es indicativo de comunidades maduras bien estructuradas. Las menores diversidades han correspondido a las estaciones del grupo C, lo cual resulta lógico si se tiene en cuenta que todas ellas se hallan a escasos metros de profundidad y en unas zonas con un notable grado de exposición. En el extremo contrario tenemos al grupo A, cuyas estaciones localizadas por debajo de 100 m de profundidad, superan 5 bits y en algunos casos como en la Z4 se alcanzan 6,14 bits (mayor valor registrado hasta la fecha para la costa vasca). Este progresivo incremento de la diversidad específica que se produce desde la línea de costa hasta los últimos metros de la plataforma continental confirma los datos que se obtuvieron en el estudio realizado frente

a la costa de San Sebastián (Martínez y Adarraga, 2001); así como de otro anterior en la vecina plataforma continental aquitana (Cornet *et al.*, 1983) en el que además observan cómo esta tendencia también es extensible a las comunidades suprabentónicas.

En la figura 3 donde se muestran los valores de diversidad en función de la batimetría y diversos tipos de sedimento se puede apreciar la tendencia anteriormente comentada, constatándose además cómo diferentes sedimentos en las mismas profundidades poseen valores de diversidad similares, lo cual señala a la batimetría como el principal factor responsable.

Estas observaciones, unidas a datos propios sobre comunidades alteradas por factores de origen antrópico en esta costa lleva a concluir que en ausencia de contaminación, los factores hidrodinámicos que condicionan a su vez las características sedimentarias se constituyen en los auténticos reguladores de la diversidad biológica marina en los sustratos blandos de la costa de Guipúzcoa. La importancia de este factor hidrodinámico en la estructuración de las comunidades bentónicas ya ha sido señalado anteriormente por Cabioch (1968) en una zona próxima a la aquí estudiada como es el Canal de La Mancha.

Para finalizar, el análisis biogeográfico de la macrofauna identificada (tabla VII) ha permitido ampliar la distribución geográfica de un número considerable de especies bentónicas. Así, las especies *Polyplumaria flabellata* Sars, 1874, *Limatula subauriculata* (Montagu, 1808), *Axinulus croulinensis* (Jeffreys, 1847) y *Nassarius cabreirensis ovoideus* (Locard, 1886) se citan por primera vez para las costas de Guipúzcoa. *Laomedea pseudodichotoma*

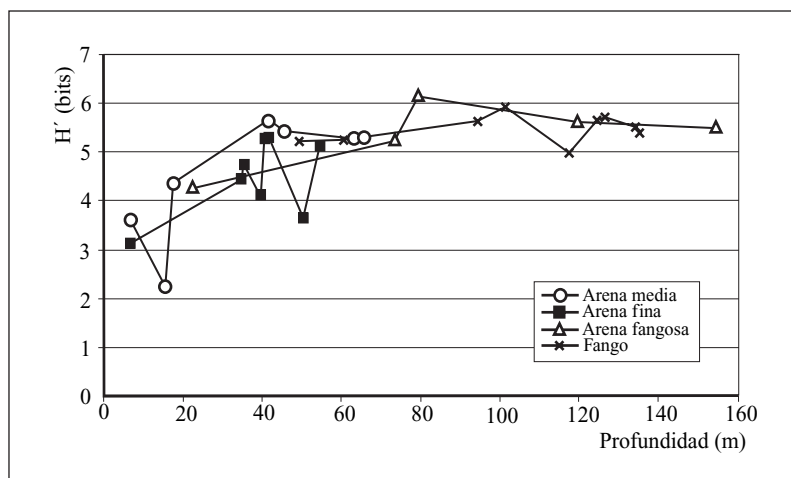


Figura 3. Evolución de la diversidad ecológica en función de la batimetría y del tipo de sedimento. (H'): diversidad.

Tabla VII. Inventario taxonómico completo y su localización en el conjunto de las 36 estaciones muestreadas (nd: no determinado).

Taxones	Estaciones
<b>Foraminifera</b>	
<i>Miniacina miniacea</i>	J2, J3, J4
Foraminifera nd	I6
<b>Porifera</b>	
Calcarea	I6
<i>Rhizaxinella pyrifer</i>	Z6
<b>Cnidaria</b>	
<i>Podocoryne carnea</i>	G3, G4
<i>Eudendrium</i> sp.	Z3
Eudendriidae	J8
Athecata	I9
<i>Lovenella clausa</i>	I9
Lovenelloidea	J8, G6, Z3
<i>Nemertesia antennina</i>	Z3
<i>Dynamena pumila</i>	G3
<i>Polyplumaria flabellata</i>	I7
<i>Clytia gracilis</i>	Z3
<i>Clytia</i> sp.	G6
<i>Laomedea pseudodichotoma</i>	I11
<i>Obelia</i> sp.	Z3
<i>Nausithoe</i> sp.	J8, I8, I9, Z5
<i>Virgularia</i> sp.	G10, Z5
<i>Cavernularia pusilla</i>	I5, G6, Z3
<i>Paraphellia expansa</i>	Z4
<i>Adamsia carciniopados</i>	J5
Hormathiidae	G6
<i>Edwardsia</i> sp.	J5, J6, G3, G4, Z2
Edwardsiidae	J8, I3, I6, I7, I8, G9, G10, Z5, Z6
<i>Epizoanthus</i> sp. B	I7, I8, I10, Z4
<i>Aureliana heterocera</i>	Z4
<i>Caryophyllia inornata</i>	J3, G3
Hexacorallia	I2, I3, I9
<b>Platyhelminthes</b>	
Platyhelminthes nd	J8, I9
<b>Nemertea</b>	
<i>Tubulanus polymorphus</i>	J3, J7, J8, J10, J11, I2, I3, I5, I8, I9, G2, G6, G7, G10, Z3, Z5, Z6, Z7
<i>Cerebratulus</i> sp.	J8, J11, Z3, Z6
Nemertea nd	J3, J4, J5, J7, J10, I1, I2, I4, I5, I6, I7, I9, I10, I11, G1, G3, G4, G5, G6, G9, G10, Z2, Z4, Z7
<b>Nematoda</b>	
Nematoda nd	J1, J3, J10, J11, I1, I4, I5, I6, I7, I8, I9, I10, I11, G6, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<b>Annelida</b>	
<i>Eunoe nodosa</i>	I7
<i>Harmothoe antilopis</i>	J10, I4, I6, I10, G9, Z3
<i>Harmothoe extenuata</i>	I7
<i>Harmothoe</i> sp. A	I4
<i>Harmothoe</i> sp. B	I6, I7
<i>Lepidasthenia maculata</i>	J11, I8, I10
<i>Malmgrenia andreapolis</i>	J8, I8, Z3, Z4, Z6, Z7

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Polynoe</i> sp.	J8
Polynoidae	I10, G10, Z7
<i>Leanira yhleni</i>	J10, J11, I8, I9, I10, G7, G9, G10, Z5, Z6, Z7
<i>Sigalion mathildae</i>	G3, G6
<i>Sthenelais limicola</i>	J3, J5, J7, J8, J10, I2, I3, I5, G4, G5, G6, G7, Z3, Z4
<i>Arichlidon reyssi</i>	I7
<i>Pisione remota</i>	J3, I1, I7, Z3
<i>Notophyllum foliosum</i>	Z4
<i>Eteone longa</i>	I5, I7
<i>Eteone</i> sp.	Z4
<i>Paranaitis kosteriensis</i>	J3, Z3
<i>Phyllodoce laminosa</i>	J3
<i>Phyllodoce lineata</i>	Z2, Z5, Z6
<i>Phyllodoce rosea</i>	J7, J8, J11, I8, I9, I10, G9, Z3, Z5, Z6, Z7
<i>Sige fusigera</i>	G6, Z6
<i>Eumida</i> cf. <i>bahusiensis</i>	J5
<i>Eumida ockelmanni</i>	I9
<i>Eumida sanguinea</i>	I4, I5, G9, Z3
<i>Eumida</i> sp.	I7
<i>Eulalia expusilla</i>	J3, I7
<i>Eulalia mustela</i>	J3, I6, I7
<i>Eulalia</i> sp.	I2
<i>Pseudomystides limbata</i>	I4, I7, I10
<i>Hesionura elongata</i>	J3, I1, I6
<i>Podarkeopsis capensis</i>	J8, J11, G6, G7, G9, G10, Z3, Z5, Z6, Z7
<i>Hesiospina similis</i>	I6
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	J10, J11, I8, I9, G7
<i>Ancistrosyllis groenlandica</i>	J8, I10, G7, G9, Z5
<i>Litocorsa stremma</i>	J8, J11, I8, I9, I10, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Sigambra tentaculata</i>	J8
<i>Glyphohesione klatti</i>	J11, Z5, Z6
<i>Chaunorhynchus</i> sp.	I6, Z3
<i>Nereis rava</i>	I2
<i>Opisthodonta pterochaeta</i>	J3, I1, I3
<i>Pionosyllis lamelligera</i>	I2
<i>Streptosyllis</i> sp.	I6
<i>Brania pusilla</i>	I3
<i>Sphaerosyllis bulbosa</i>	J3
<i>Sphaerosyllis taylori</i>	I4, I5, Z4
<i>Exogone hebes</i>	G3, G4, G5
<i>Parapionosyllis</i> cf. <i>brevicirra</i>	J5, I2
<i>Parapionosyllis cabezali</i>	J3, I5
<i>Parapionosyllis elegans</i>	J3, I4
<i>Plakosyllis brevipes</i>	I6, I7
<i>Trypanosyllis coeliaca</i>	I6
<i>Syllis gerundensis</i>	I1
<i>Syllis parapari</i>	J10, I7, I9, I10, G4, G5, G6, Z4
<i>Syllis pontxioi</i>	J3, I1, I3, I5, I6, I7
<i>Sphaerodoridium fauchaldi</i>	Z5
Sphaerodoridae	I6
<i>Aglaophamus rubella</i>	J2, J3, I1, I7
<i>Nephtys assimilis</i>	G3, G5, G6

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Nephtys cirrosa</i>	J2, J3, J4, J5, J7, I1, I2, I3, G1, G2, G3, G4, G5, Z1, Z2
<i>Nephtys hombergii</i>	J8, J10, I5, I9, I11, G4, Z3, Z4, Z5
<i>Nephtys hystrix</i>	J8
<i>Nephtys incisa</i>	J11, I8, I9, I10, I11, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Nephtys kersivalensis</i>	J8, J10, I5, I11, G4, G7, Z3, Z4
<i>Glycera alba</i>	J7, J8, J10, I5, I8, I9, I10, I11, G2, G3, G4, G5, G6, G7, Z2, Z3, Z4, Z5, Z7
<i>Glycera celtica</i>	J8, I5, G5
<i>Glycera dayi</i>	I11
<i>Glycera lapidum</i>	J5, J10, I1, I3, I4, I6, I7, I8, I11, G5, Z2
<i>Glycera mimica</i>	I11
<i>Glycera oxycephala</i>	J3, J4, J7, I1, I2, I3, G3
<i>Glycera rouxii</i>	J8, J10, J11, I8, I9, I10, I11, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Glycera tessellata</i>	I7
<i>Glycera tridactyla</i>	J4
<i>Glycera unicornis</i>	J3, G6
<i>Glycera</i> sp.	G7, Z3, Z6
Goniadidae	I2
<i>Glycinde nordmanni</i>	J3, J8, J10, J11, I3, I5, I6, I8, I9, I10, I11, G4, G5, G6, G7, Z3, Z4, Z5, Z7
<i>Goniadella gracilis</i>	I7
<i>Goniadella unicolor</i>	J3, I1, I6, I7, I9, G5
<i>Goniada maculata</i>	I11, G6, G9, Z3, Z4
<i>Goniada norvegica</i>	G10
<i>Goniada</i> sp.	J10, I11, G6, G7
<i>Aponuphis bilineata</i>	J5, J8, I4, I5, I6, I7, I11, G1, G4, G6, Z3, Z4
<i>Aponuphis bilineata grubii</i>	I5
<i>Aponuphis fauveli</i>	J8, J10, I5, Z4
<i>Aponuphis holobranchiata</i>	Z4
<i>Aponuphis tubicola</i>	Z4
<i>Onuphis eremita</i>	G1, G2
<i>Paradiopatra calliopae</i>	I11, G9, G10, Z4
<i>Nothria conchylega</i>	Z4
<i>Eunice pennata</i>	I2
<i>Eunice vittata</i>	I4, I5, I6, I7, I11, Z4
<i>Lumbrineris acuta</i>	I3, I5, I6
<i>Lumbrineris cingulata</i>	J3, J5, J7, J8, J10, J11, I2, I3, I4, I5, I7, I8, I9, I10, I11, G3, G4, G5, G6, G7, Z2, Z3, Z4, Z7
<i>Lumbrineris fragilis</i>	J8, I10, G9, Z3
<i>Lumbrineris gracilis</i>	J8, Z3
<i>Lumbrineris latreillii</i>	I5, I7, I11, Z3
<i>Lumbrineris nonatoi</i>	J8, J11, I8, I9, I10, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Lumbrineris paradoxa</i>	I4, I5, I6, I7
<i>Lumbrineris tetraura</i>	I7
<i>Lumbrineris scopia</i>	I11
<i>Lumbrineris</i> sp. A	J10, G9, Z7
<i>Lumbrineris</i> sp. B	I6
<i>Lumbrineris</i> sp. C	I7

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Lumbrineris</i> sp. D	I10
<i>Lumbrinerides</i> sp.	I6
<i>Abyssoninoe hibernica</i>	J8, J10, J11, I8, I9, I10, G2, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Ninoe armoricana</i>	J11, I8, I9, I10, G7, G9, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Drilonereis</i> sp.	I9, I10, G9, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Notocirrus scoticus</i>	J8, G4, Z3
Arabellidae	I6
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	J3, I4, I6, I7
Dorvilleidae	J3
<i>Scolaricia</i> sp.	J1, J5, I3, I5, G1, G2, G3, G4, G5, G6, Z3
<i>Scoloplos</i> sp. A	I8, I9, I10, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Scoloplos</i> sp. B	J7
<i>Aricia grubei</i>	Z6
<i>Aricia norvegica</i>	Z7
<i>Aricia latreillii</i>	J8
<i>Paraonis fulgens</i>	J4
<i>Aricidea catherinae</i>	J8, I5, G3, G4, G5, G6, Z3, Z4
<i>Aricidea cerrutii</i>	J7, G5
<i>Aricidea claudiae</i>	J8, J10, J11, I10, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z7
<i>Aricidea laubieri</i>	J8
<i>Aricidea monicae</i>	G9, G10
<i>Aricidea quadrilobata</i>	J8, J11, I9, I10, G10, Z7
<i>Aricidea roberti</i>	J8, I5, G4, Z3
<i>Aricidea pseudoarticulata</i>	J8
<i>Aricidea suecica</i>	J8, I10, Z7
<i>Aricidea wassi</i>	J10
<i>Aricidea</i> sp. A	Z3
<i>Aricidea</i> sp. B	I5
<i>Aricidea</i> sp. C	Z5, Z7
<i>Aricidea</i> sp. D	G4, G7
<i>Aricidea</i> sp. E	J8, G4
<i>Aricidea</i> sp. F	I9
<i>Cirrophorus branchiatus</i>	J10, I8, I9, I10, G9, G10, Z6, Z7
<i>Cirrophorus furcatus</i>	J10
<i>Paradoneis armata</i>	J4, I2, G1, G2, G3, G4, G5, G6, Z2
<i>Paradoneis itvana</i>	J8, I3, I5, I6, I8, I9, G7, Z4
<i>Paradoneis lyra</i>	J8, I3, I8, I9, I10, Z4, Z6
<i>Paradoneis</i> cf. <i>drachi</i>	J10
<i>Paradoneis</i> sp.	I10
<i>Levinsenia flava</i>	J10, J11, I8, I9, I10, G7
<i>Levinsenia gracilis</i>	J8, I6, G7
<i>Poecilochaetus serpens</i>	J3, J8, J10, I9, G3, G7, Z4, Z6
<i>Chaetopterus variopedatus</i>	I2
<i>Chaetopterus</i> sp.	I10, G7
<i>Spiochaetopterus costarum</i>	J5, J7, J8, I8, I9, I11, Z3, Z4
<i>Spiochaetopterus typicus</i>	G2, G3, G4, G5, G6, G7, Z6
<i>Phyllochaetopterus</i> sp.	G7, Z7
<i>Mesochaetopterus sagittarius</i>	J5, J6, J10, G4, G5, G6, G7, Z4
<i>Spiophanes bombyx</i>	J2, J3, J4, J5, J7, J8, I2, I3, I5, G3, G4, G5, G6, G7, Z2, Z3, Z4



Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	J8, J10, J11, I5, I8, I9, I10, I11, G6, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Spiophanes wigleyi</i>	J11, I10, Z6
<i>Spiophanes</i> sp. A	I11, Z3, Z4
<i>Spiophanes</i> sp. B	I10, G9
<i>Prionospio cirrifera</i>	J10, I6, I8, I9
<i>Prionospio dubia</i>	Z4, Z5
<i>Prionospio ehlersi</i>	J8, J10, J11, I8, I9, I10, I11, G6, G7, G8, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Prionospio fallax</i>	J2, J7, J8, J10, J11, I5, I8, I9, I10, I11, G4, G5, G6, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Prionospio multibranchiata</i>	J8, J10, J11, G7, G10, Z5, Z6, Z7
<i>Prionospio pulchra</i>	I6, G3
<i>Prionospio steenstrupii</i>	J5, J7, I2, I3, G1, G3, G4, G5, Z2
<i>Prionospio</i> sp. A	J3, J7
<i>Prionospio</i> sp. B	J11
<i>Prionospio</i> sp. C	J10
<i>Prionospio</i> sp. D	G10
<i>Prionospio</i> sp. E	Z4
<i>Prionospio</i> sp. F	I6
<i>Scolecopsis bonnierii</i>	J2, Z1
<i>Scolecopsis mesnilii</i>	Z1
<i>Scolecopsis squamata</i>	J1, J2, G3, Z1
<i>Scolecopsis</i> sp.	J10, J11, I10, G4, G9, G10, Z6, Z7
<i>Dispio uncinata</i>	J2, J3, J4, G3, G5, G6, Z1
<i>Malacoceros vulgaris</i>	G2, Z3
<i>Nerinides cantabra</i>	I1, Z2
<i>Laonice bahusiensis</i>	I6, Z4, Z6
<i>Laonice</i> sp. A	I7, I10
<i>Laonice</i> sp. B	I8
<i>Laonice</i> sp. C	J8
<i>Aonides paucibranchiata</i>	J7, I6, I7
<i>Spio decoratus</i>	J2, J7, J8, I5, G4, G5, G6
<i>Spio martinensis</i>	J2, J3, I1
<i>Spio</i> sp.	J4, J5, I5
<i>Polydora socialis</i>	J8, I8, I9, G4, G7, G9, Z2, Z3
<i>Polydora</i> sp. A	J2, I3, G2
<i>Polydora</i> sp. B	Z2
<i>Polydora</i> sp. C	J8
<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	I11, G4, Z3, Z4, Z5
<i>Pseudopolydora pulchra</i>	J5
<i>Magelona alleni</i>	J1, J5, I9, G3, G4, G6, G7, Z2, Z4, Z5
<i>Magelona filiformis</i>	I2, I5, G2, G3, G4, G5, G6, Z3, Z4
<i>Magelona johnstoni</i>	J2, J3, J4, I2, I3, G2, G3, G4, G5, G6, Z3, Z4
<i>Magelona minuta</i>	J8, J10, J11, I8, I9, I10, I11, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Magelona wilsoni</i>	I8, I10, G9, G10, Z6, Z7
<i>Aphelocheata glandaria</i>	J10, G4, G5, G6

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Aphelocheata monilaris</i>	J10, J11, I9, I10, I11, G7, Z5
<i>Aphelocheata</i> sp. A	J11, I5, G7, Z3, Z4, Z5, Z6
<i>Aphelocheata</i> sp. B	I11
<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	J8, J10, J11, I5, I8, I9, I10, I11, G6, G7, G9, G10, Z5, Z6, Z7
<i>Monticellina</i> sp.	I10, G10, Z3, Z4
<i>Tharyx tessellata</i>	J10, I9, I10, I11, G7, G9, G10, Z5, Z7
<i>Caulleriella</i> sp. A	Z4
<i>Caulleriella</i> sp. B	I7
<i>Chaetozone gibber</i>	J1, J2, J3, J7, J8, I2, I3, G3, G4, G5, G6, G7, Z2, Z3, Z4
<i>Chaetozone jubata</i>	Z5
<i>Chaetozone setosa</i>	J10, J11, I8, I9, I10, I11, G6, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Chaetozone</i> sp. A	J11
<i>Chaetozone</i> sp. B	J11, I8, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Chaetozone</i> sp. C	Z4
<i>Chaetozone</i> sp. D	I10, G9
<i>Chaetozone</i> sp. E	G4, G5, G6
<i>Chaetozone</i> sp. F	J3
<i>Dodecaceria concharum</i>	J4, G5, G6
Cirratulidae	I9
<i>Cossura</i> sp. A	J8, J11, I8, I10, G7, G9, G10, Z5, Z6
<i>Cossura</i> sp. B	Z6
<i>Macrocheata</i> sp.	Z7
Acrocirridae	I4
<i>Diplocirrus glaucus</i>	J7, J8, J11, I5, I8, I9, G6, G7, G9, G10, Z2, Z3, Z4, Z5, Z7
<i>Pherusa</i> sp.	I6, I7
<i>Scalibregma inflatum</i>	J10, J11, I6, I7, I8, I9, I10, G6, G7, Z6
<i>Armandia cirrhosa</i>	G1
<i>Ophelia limacina</i>	J1
<i>Ophelina acuminata</i>	J10
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	J10, I8, I9, I11, G7, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Ophelina abbranchiata</i>	I9, I10, G9, G10, Z5, Z6, Z7
<i>Ophelina modesta</i>	I11
<i>Mediomastus fragilis</i>	J3, J7, J8, J11, I3, I5, I8, I10, G3, G4, G5, G6, G7, G9, G10, Z2, Z3, Z5, Z6, Z7
<i>Mediomastus</i> sp. A	I1, I4, I6, I7
<i>Mediomastus</i> sp. B	G6
<i>Notomastus latericeus</i>	J8, J10, I8, I9, G7, G9, G10, Z4, Z6, Z6
<i>Notomastus profundus</i>	Z6, Z7
<i>Notomastus</i> sp.	I6, I7
<i>Peresiella clymenoides</i>	J10, J11, I8, I9, I10, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Dasybranchus gajolae</i>	J8, Z7
<i>Clymenura tricirrata</i>	J8, I9, I11, G9, G10, Z4, Z5
<i>Euclymene collaris</i>	I9
<i>Euclymene oerstedii</i>	J8, I8
<i>Euclymene robusta</i>	G5, G6

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Euclymene</i> sp. A	J10, I9, G4, Z6
<i>Euclymene</i> sp. B	J8, I8, I9, G5, G7, G9, G10Z3, Z4, Z5, Z6
<i>Euclymene</i> sp. C	Z4
<i>Euclymene</i> sp. D	Z4
<i>Clymene santanderensis</i>	G7, G9
<i>Praxillella affinis</i>	I9, Z4, Z6, Z7
<i>Praxillella gracilis</i>	J8, J11, I8, I9, I10, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Praxillella lophoseta</i>	I9
<i>Praxillella praetermissa</i>	J8, J10, G7, Z7
<i>Praxillella</i> sp.	I10
<i>Nicomache lumbricalis</i>	I8, G3, G5, Z6
<i>Nicomache maculata</i>	I5, Z3
<i>Nicomache</i> sp.	I11
<i>Leiochone</i> sp.	Z3, Z4
<i>Axiothella</i> sp.	J8, J10, I5, I8, G6, G7, G9, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Micromaldane</i> <i>ornithochaeta</i>	J5
<i>Petaloproctus</i> sp.	G10
<i>Maldane glebifex</i>	J8, J10, J11, I8, I9, I10, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Maldane sarsi</i>	I10, Z4
<i>Chirimia biceps</i>	I8, I9, I10, G9, G10, Z6, Z7
<i>Chirimia gotoi</i>	J10, I8, I10, G9, G10, Z5
<i>Chirimia</i> sp.	Z6
Maldanidae A	I5, I10, G5, G9
Maldanidae B	Z7
<i>Myriochele danielsseni</i>	J11, I5, I11, G4, G10, Z3, Z4, Z5, Z7
<i>Galathowenia oculata</i>	J8, J10, J11, I5, I8, I9, I10, I11, G2, G3, G6, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Galathowenia</i> sp.	Z4
<i>Owenia fusiformis</i>	J5, J7, J8, J10, I2, I3, I5, I7, I8, I9, I10, G1, G2, G3, G4, G6, G7, G9, Z2, Z3, Z4, Z5, Z7
<i>Sternaspis scutata</i>	J11, I8, I10, G7, G9, G10, Z5, Z6
<i>Sabellaria spinulosa</i>	J5, I2, I3, I8, G4
<i>Pectinaria auricoma</i>	J8, G7, Z3
<i>Pectinaria koreni</i>	J5, J8, I5, I6, G4, G7, G10, Z3, Z4, Z5
<i>Ampharete finmarchica</i>	J5, J7, J8, J10, J11, I3, I5, I8, I9, I10, I11, G3, G4, G5, G6, G7, G9, G10Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Sabellides octocirrata</i>	I8
<i>Sosane sulcata</i>	G10, Z7
<i>Anobothrus gracilis</i>	J11, I9
<i>Lysippe labiata</i>	J8, J10, J11, I8, I9, I11, G7, G9, Z4, Z5
<i>Amphicteis gunneri</i>	J11, I8, I10, I11, G7, G9, G10, Z3, Z4, Z6, Z7
<i>Amphicteis midas</i>	I10, G7, G10, Z4
<i>Eclysippe vanelli</i>	I10, I11, Z4
<i>Sosanopsis wireni</i>	J10, I11
<i>Melinna palmata</i>	J8, J11, I9, I10, G10, Z4, Z6, Z7

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Auchenoplax crinita</i>	J10, I9, I10, I11, Z4, Z5, Z7
Ampharetidae A	Z3
Ampharetidae B	I11
<i>Amphitrite cirrata</i>	J7
<i>Amphitrite</i> sp.	I7
<i>Neoamphitrite affinis</i>	J8
<i>Neoamphitrite</i> sp.	I10
<i>Paramphitrite tetrabranchia</i>	I8
<i>Pista cretacea</i>	G9, Z4
<i>Pista cristata</i>	J5, J7, J8, J10, I1, I4, I5, I7, I8, I9, I11, G10, Z2, Z4
<i>Scionella lornensis</i>	J7, J10, I8
<i>Lanice conchilega</i>	J7, I7, G7
<i>Lanassa venusta</i>	Z4
<i>Phisidia</i> sp.	I11
<i>Streblosoma bairdi</i>	I9, I10, G9
<i>Streblosoma intestinale</i>	J8, I5, I6, I9, Z3, Z4
<i>Polycirrus aurantiacus</i>	J3, I4
<i>Polycirrus medusa</i>	I8
<i>Polycirrus plumosus</i>	J10, Z3, Z6
<i>Polycirrus</i> sp. A	I2, I3, I6
<i>Polycirrus</i> sp. B	G7
Terebellidae A	I3, Z4
Terebellidae B	J7
<i>Trichobranchus glacialis</i>	J10, G10, Z4, Z5
<i>Octobranchus</i> sp.	J11, G7
<i>Terebellides stroemi</i>	J8, J10, J11, I8, I9, I10, I11, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6
<i>Chone filicaudata</i>	I5, I7, I8, I11, G3, G4, G5, G6, Z3
<i>Chone infundibuliformis</i>	J7, J10, I6, I7, I10, I11, Z7
<i>Euchone incolor</i>	J8, J10, I9, I11, Z5
<i>Euchone rosea</i>	Z4
<i>Euchone rubrocincta</i>	I11, G6, Z3
<i>Euchone</i> sp.	Z6
<i>Dialychone</i> sp.	Z4
<i>Jasmineira caudata</i>	I11
<i>Jasmineira elegans</i>	J8, Z4
Sabellidae	I6, G9
<i>Serpula concharum</i>	J10, Z4
<i>Serpula Lo-Biancoi</i>	Z4
<i>Ditrupe arietina</i>	J7, J10, I5, I11, G4, G10, Z4, Z5, Z6
Questiidae	J1
<i>Mesonerilla</i> sp.	J3
<i>Saccocirrus papillocercus</i>	J2
<i>Polygordius appendiculatus</i>	J3, I1, I4, I6, I7
<i>Grania</i> sp.	I4, I6, I7
<i>Heterodrilus</i> sp.	J3
Oligochaeta	I1, Z2
<b>Mollusca</b>	
<i>Lepidopleurus cancellatus</i>	I4, I7, I10
Aplacophora	I7, I10, G10, Z7
<i>Hyala vitrea</i>	J8, J11, I8, I10, G7
<i>Alvania cancellata</i>	J3
<i>Alvania</i> sp.	J10, Z7
<i>Turritella communis</i>	J10, I9, I11, G7, Z3, Z5
<i>Bittium reticulatum</i>	J4

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Lunatia pulchella</i>	J3, I1, I7, G1
<i>Nassarius cabrierensis</i> <i>ovoideus</i>	J8, I8, I10, G7, G9
<i>Nassarius pygmaeus</i>	G4
<i>Nassarius reticulatus</i>	J3, J4, I1, I2, I3, G1, G2, G5, G6
<i>Mangelia brachistoma</i>	I8
<i>Mangelia nebula</i>	J3
<i>Mangelia powisiana</i>	J3, G3
<i>Mangelia smithi</i>	Z2
<i>Mangelia</i> sp.	Z7
<i>Raphitoma</i> sp.	G7
<i>Acteon tornatilis</i>	G4, G5, Z3, Z7
<i>Cylichna subcylindrica</i>	J7, G3
<i>Ringicula auriculata</i>	G3
<i>Cylichna cylindracea</i>	J7, I5, I11, G3, G4, Z2, Z4
<i>Philine</i> sp.	J7
Bullomorpha	I1, I8
Opisthobranchia	I1
<i>Turbonilla rufa</i>	G4, G6
Gastropoda A	I10
Gastropoda B	Z4
<i>Cadulus</i> sp.	I5
<i>Episiphon filum</i>	J8, I8, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6
Scaphopoda	I10, Z7
<i>Nucula sulcata</i>	J7, J8, I3, I5, I6, I7, I8, I9, I10, G4, G5, G6, G7, G9, G10, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Nucula tenuis</i>	I11
<i>Nuculana commutata</i>	J10, I8, I10, I11, G7, G10, Z4, Z5, Z6
<i>Arca noae</i>	I3
<i>Striarca lactea</i>	I2
<i>Glycymeris glycymeris</i>	I7
<i>Gregariella petagna</i>	I2
<i>Modiolula phaseolina</i>	I2
<i>Similipecten similis</i>	I4, I7
<i>Monia patelliformis</i>	G9
<i>Limatula subauriculata</i>	I6, I7
<i>Myrtea spinifera</i>	J8, I2, I8, G7
<i>Axinulus croulinensis</i>	I10, I11, Z7
<i>Thyasira equalis</i>	J8, I9, I10, Z5, Z6, Z7
<i>Thyasira flexuosa</i>	J8, J10, J11, I3, I5, I8, I9, G4, G5, G6, G7, G9, G10, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6
<i>Lasaea rubra</i>	I6
<i>Bornia geoffroyi</i>	I1
<i>Montacuta substriata</i>	I7
<i>Mysella bidentata</i>	I8, G7
<i>Tellinmya ferruginosa</i>	J4, J5, J11, I2, I3, I7, I8, G1, G10, Z3, Z5
Ericinidae	J1, J8
<i>Digitaria digitaria</i>	J3, I4, I6, I7, G1
<i>Goodallia triangularis</i>	J3, I1, I4, I6, I7, G1
<i>Acanthocardia aculeata</i>	G2
<i>Parvicardium minimum</i>	I9, Z4
<i>Parvicardium ovale</i>	G9
<i>Parvicardium papillosum</i>	I8
<i>Parvicardium scabrum</i>	G7

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Macra stultorum</i>	I7, G2, G3, G4
<i>Spisula elliptica</i>	I1, I3, I5, G4, Z2
<i>Phaxas pellucidus</i>	G3, G5, Z3, Z4
<i>Tellina compressa</i>	J8, J10, I5, G7, Z3, Z4
<i>Tellina crassa</i>	I1, I8
<i>Tellina donacina</i>	Z2
<i>Tellina fabula</i>	G4, G6
<i>Tellina pusilla</i>	J3, I1, I3, I5, I6, I7
<i>Tellina serrata</i>	I8, G7, Z3
<i>Tellina</i> sp.	J8
<i>Gari costulata</i>	I6
<i>Gari fervensis</i>	G4, G5
<i>Abra alba</i>	J8, I5, G3, G6, Z2, Z3, Z5
<i>Abra nitida</i>	J8, J10, J11, I2, I8, I9, G3, G4, G5, G7, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Abra prismatica</i>	J5, J7, I3, G3, G5
<i>Abra</i> sp.	I11
<i>Kelliella biscayensis</i>	I8, I9, G9, G10, Z6
<i>Chamelea gallina</i>	G2, G3, G4, G5, Z2, Z3
<i>Dosinia lupinus</i>	J5, J7, G4, G5
<i>Gouldia minima</i>	I5, I6, I7
<i>Timoclea ovata</i>	J4, J7, J8, J10, I2, I3, I5, I6, I7, I8, I9, I10, I11, G5, G6, G7, G9, G10, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6
Veneridae	I7
<i>Corbula gibba</i>	I10, G2, Z2, Z6
<i>Hiatella arctica</i>	I2, G5
Hiatellidae	J5, I2
<i>Thracia phaseolina</i>	J3, J5, J7, I5, I7
<i>Pandora pinna</i>	I8, I9, I11, Z5, Z7
<i>Cochlodesma praetenu</i>	G5, Z2
Bivalvia A	I9
Bivalvia B	I10
Bivalvia C	Z7
<b>Arthropoda</b>	
Ostracoda	I5, I10, G1, Z4, Z7
Copepoda	J1, J2, J5, J7, J8, J10, J11, I1, I3, I4, I6, I7, I8, I9, I10, I11, G4, G5, G7, G9, G10, Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
Scalpellidae	I10
<i>Verruca stroemia</i>	J3, J5, I2, I3, I4, Z3, Z4
<i>Pyrgoma</i> sp.	G3
<i>Nebalia herbstii</i>	J7
<i>Nebalia</i> sp.	J4, G3, Z2
<i>Nebalia troncosoi</i>	J5, I3
Mysidacea larva	I4
Mysidacea	I11, G9
<i>Lophogaster typicus</i>	I8, G10, Z7
<i>Gastrosaccus lobatus</i>	G3, G4, G5, G10, Z2, Z5, Z7
<i>Gastrosaccus normani</i>	J3, J7, I1, I2, I3, I5, I7, I9, I11, G3, G5, G6, Z4
<i>Gastrosaccus sanctus</i>	J2, J3, J4, J5, G1, Z1
<i>Gastrosaccus</i> sp.	Z3
<i>Schistomysis</i> sp.	J10
<i>Cumopsis fagei</i>	J2
<i>Bodotria arenosa</i>	I5, G2, G3, G4, G5, Z2, Z3, Z4
<i>Bodotria armoricana</i>	I2

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Bodotria scoriooides</i>	J3, J4, J5, I1, I3,
<i>Bodotria</i> sp.	G7
<i>Eocuma dimorphum</i>	G2, G4
<i>Eocuma dollfusi</i>	G1
<i>Iphinoe serrata</i>	J11, I5, I8, I9, I10, G7, G9, G10, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Iphinoe trispinosa</i>	J4, G1, G2, G3
<i>Eudorella truncatula</i>	J11
<i>Eudorella</i> sp.	J11, I9, I10, G10, Z3, Z5, Z6, Z7
Nannastacidae	I11
<i>Leucon siphonatus</i>	G10
<i>Leucon</i> sp.	Z6
<i>Vemakylindrus</i> sp.	J11, G10, Z6, Z7
<i>Pseudocuma similis</i>	I2, Z2
<i>Diastylis bradyi</i>	G1, G2
<i>Diastylis laevis</i>	I2, Z3, Z4
<i>Diastylis rugosa</i>	I2, Z2
<i>Diastylis</i> sp.	G4, G7, Z2
<i>Diastylis tumida</i>	I5, G7, Z3
<i>Diastylodes biplicata</i>	I5, I9, I11, Z4, Z5
Leptognathiidae	I8, I9, G3, G5, G6, Z4, Z6, Z7
<i>Apseudes</i> sp.	G2
<i>Gnathia</i> sp.	I4, I10, G9, G10, Z2, Z6
<i>Amakusanthura iberica</i>	I2
<i>Eurydice spinigera</i>	J1, G1, Z1
<i>Eurydice</i> sp.	J1, J2, I7
<i>Eurydice truncata</i>	J2, J3, J4, J5, I1, I2, I3, G5, Z2, Z3
<i>Natolana</i> cf. <i>gallica</i>	I7
<i>Cymodoce</i> sp.	Z2
Idoteidae (juv.)	I1
<i>Idotea baltica</i>	J5
Arcturidae	I4
<i>Arcturina rhomboidalis</i>	J5
<i>Microjaera anisopoda</i>	I6
Bopyridae	J8, G6, G7, G10, Z1
Lysianassidae (juv.)	I1
<i>Acidostoma obesum</i>	G4
<i>Hippomedon denticulatus</i>	J2, J3, J4, J5, I2, I5, G1, G2, G4
<i>Hippomedon</i> sp.	J2, Z1, Z3, Z4
<i>Lysianassa insperata</i>	I5
<i>Lepidepcreum longicorne</i>	I5, G4
<i>Orchomene nana</i>	G5
<i>Ichnopus spinicornis</i>	I7
<i>Tryphosites longipes</i>	J5, I2, G3, G4, G5, G6
<i>Tryphosella longidactyla</i>	Z6
<i>Prachynella</i> sp.	G9
<i>Ampelisca armoricana</i>	I5
<i>Ampelisca brevicornis</i>	J3, J4, J5, J7, J10, I2, I3, I5, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, Z2, Z3, Z4
<i>Ampelisca cavicoxa</i>	J2, J3, J4, I2, G2, G3
<i>Ampelisca diadema</i>	G7
<i>Ampelisca heterodactyla</i>	J5, G2, G3, G4, G5
<i>Ampelisca lusitanica</i>	I2
<i>Ampelisca pectenata</i>	J7, I3, I5, I8
<i>Ampelisca spinimana</i>	J7, I3
<i>Ampelisca spinipes</i>	J11, I5, I7

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Ampelisca spinifer</i>	J10
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	J8, J10, J11, I5, I8, I9
<i>Ampelisca typica</i>	I2, I5, I8, I9
<i>Ampelisca</i> sp.	J10, I2
<i>Leucothoe incisa</i>	J3, J4
<i>Leucothoe liljeborgi</i>	J10, I9
<i>Ceradocus semiserratus</i>	I4, I7
<i>Cheirocratus</i> sp.	J11, I5, I7
<i>Cheirocratus sundevallii</i>	J8
<i>Maera othonis</i>	J8, I5, I7
<i>Maerella tenuimana</i>	I5, I6
<i>Bathyporeia elegans</i>	J2, J4
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	G1
<i>Bathyporeia pelagica</i>	G1
<i>Bathyporeia</i> sp.	J2, G5
<i>Bathyporeia tenuipes</i>	J3
<i>Haustorius arenarius</i>	Z1
<i>Urothoe brevicornis</i>	I3, I9, Z1
<i>Urothoe elegans</i>	J2, J3, J4, J7, I3, Z2, Z4
<i>Urothoe grimaldii</i>	J2, I2, G1
<i>Urothoe marina</i>	I5
<i>Urothoe poseidonis</i>	J4
<i>Urothoe pulchella</i>	J3, J4, J5, I2, G2, G3, G4, G5, G6
<i>Argissa hamatipes</i>	J5, J7
Oedicerotidae	Z6, Z7
<i>Periculodes longimanus</i>	J2, J4, J5, J8, J11, G1, G2, G3, G4, Z3, Z4
<i>Pontocrates altamarinus</i>	J4
<i>Pontocrates arenarius</i>	I3, G1
<i>Monoculodes carinatus</i>	I5
<i>Monoculodes</i> cf. <i>acutipes</i>	Z5
<i>Westwoodilla caecula</i>	J8, I9, I11, G7, G10, Z5, Z7
<i>Harpinia antennaria</i>	I9, I10, G10, Z3, Z4, Z7
<i>Harpinia pectinata</i>	J8, G7, Z3
<i>Metaphoxus simplex</i>	I9
<i>Megaluropus agilis</i>	G3
<i>Idunella longirostris</i>	G3
<i>Eusirus longipes</i>	I9
<i>Atylus guttatus</i>	G2
<i>Atylus swammerdami</i>	J2
<i>Atylus vedlomensis</i>	I7, Z2
<i>Apherusa bispinosa</i>	J10, I7, I8, I9, I10, G6, G10, Z2
<i>Apherusa henneguyi</i>	J10, Z3
<i>Apherusa ovalipes</i>	J5, G3
Aoridae	J7, G7
<i>Lembos longipes</i>	J3, J4, J5, J7, J8, I2, I3, I5, I10
<i>Lembos</i> sp.	I9, G3, Z4
<i>Lembos spiniventris</i>	I2, G1, G2, G4, G6, Z3
<i>Leptocheirus bispinosus</i>	I2
<i>Leptocheirus</i> sp.	J5
Isaeidae	I10
<i>Megamphopus cornutus</i>	I3
<i>Photis longicaudata</i>	I5, G4, G7, Z4
<i>Siphonoecetes kroyeranus</i>	J2, J4, J5, J7, I2, G4, Z2, Z3
<i>Siphonoecetes striatus</i>	J5, J7, I5
<i>Unciola crenatipalma</i>	J5, I2
<i>Parunciola seurati</i>	I2

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<i>Uniola</i> sp.	I6
<i>Liropus</i> sp.	I11
<i>Pariambus typicus</i>	J5
<i>Phtisica marina</i>	J5, J8, I4, Z3, Z7
<i>Lucifer typus</i>	I8
Natantia	G9, Z1
<i>Pandalina brevirostris</i>	J5
Alpheidae	Z6
<i>Alpheus dentipes</i>	Z3
<i>Alpheus glaber</i>	J10, J11, G9, G10, Z6
<i>Processa</i> cf. <i>acutirostris</i>	G3
<i>Processa canaliculata</i>	I11
<i>Processa modica</i>	J2, J3, J5, J7, I9, G4
<i>Processa nouveli</i>	J8
<i>Processa</i> sp.	J4, J10, J11, I2, I3, I5, I6, I8, I10, G2, G5, G7, G9, G10, Z2, Z6, Z7
<i>Philocheras bispinosus</i>	J5, J7, J8, J11, I1, I2, I3, I5, I8, G1, G5, G6, G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6
<i>Philocheras</i> sp.	J2, J3, J10, G4, G7, Z7
<i>Philocheras trispinosus</i>	J4
<i>Callianassa truncata</i>	J3, J5, J7, J8, G3, G4, G5, G6
<i>Callianassa</i> sp.	J10, I2, I3, I5, I8, I11, G1, G2, Z4
<i>Callianassa subterranea</i>	J11, I9, I10, G7, G9, G10, Z3, Z5, Z6, Z7
<i>Upogebia deltaura</i>	J2, J4, G4, G5
<i>Upogebia</i> sp. (juv.)	J7, J8, Z2
Paguridae (juv.)	J4, I4, I9, I10, G5, Z5, Z7
<i>Diogenes pugilator</i>	J2, J3, J4, J5, J7, I1, I2, G1, G2, G4, G5, Z1, Z2
<i>Cestopagurus</i> sp.	I2
<i>Anapagurus hyndmanni</i>	J3, J4, I1, I2, I3, I5, Z2
<i>Anapagurus laevis</i>	J3, J7, I2, I3, I5, G3, G4, G6, G7, Z3, Z4
<i>Anapagurus</i> sp.	J7, J8, I3, I5, I7, I8
<i>Pagurus excavatus</i>	G6
<i>Pagurus</i> sp.	I3
<i>Galathea intermedia</i>	J5, I2, I4, I5, I7, I8, I10, Z4
<i>Galathea</i> sp.	J3, J8
<i>Pisidia longicornis</i>	I2
<i>Ebalia</i> sp. (juv)	J3, J5, J7, I1G5, G7, Z3, Z4
<i>Ebalia tuberosa</i>	I8, G7
<i>Ebalia tumefacta</i>	I5
<i>Corystes cassivelaunus</i>	J7
Decapoda larva	J2, J3, J5, J6, J10, I4, G1, G2, G4, G5, G9, G10, Z2, Z3
<i>Atelecyclus rotundatus</i>	J8
<i>Thia scutellata</i>	J3
<i>Portumnus latipes</i>	J1, J2, Z1
<i>Liocarcinus holsatus</i>	I4, G6, Z4
<i>Liocarcinus marmoreus</i>	J4, I3
<i>Liocarcinus pusillus</i>	I5, Z2, Z4
<i>Liocarcinus</i> sp. (juv.)	J2, J3, J5, I1, I2, I7, G3, G4, G5, G7
<i>Liocarcinus vernalis</i>	J7
<i>Goneplax rhomboides</i>	J11, I10, G7, G9, Z6, Z7
<i>Eurynome aspera</i>	I4, G9, G10

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
Ammotheidae	G3
<i>Anoplodactylus petiolatus</i>	Z3, Z4
Nymphonidae	I10
<b>Echiurida</b>	
<i>Thalassema</i> sp. A	I10
Echiuridea	I4
<b>Sipunculida</b>	
<i>Golfingia margaritacea</i>	Z4
<i>Golfingia vulgaris</i>	Z2
Golfingiidae A	G10
Golfingiidae B	Z6
<i>Phascolion strombus</i>	J8
<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	G9, G10, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7
<i>Phascolosoma granulatum</i>	Z2
<i>Aspidosiphon muelleri</i>	J3, J8
Sipunculida A	Z2, Z4
Sipunculida B	I7, I8
<b>Bryozoa</b>	
<i>Lichenopora</i> sp.	G9
<i>Amathia pruvoti</i>	J2
<i>Aetea anguina</i>	G3
<i>Chartella tenella</i>	G3
<i>Flustra foliacea</i>	J3
Cheilostomata	G9
<i>Benedipora delicatula</i>	Z7
<b>Phoronida</b>	
<i>Phoronis</i> sp.	J5, J7, J10, I9, I11, G4, G5, G9, Z4, Z5
<b>Entoprocta</b>	
Loxosomatidae	J5, Z2
<b>Chaetognata</b>	
<i>Sagitta</i> sp.	J1, I4, Z3, Z5
<b>Echinodermata</b>	
<i>Amphiura chiajei</i>	I8, G9
<i>Amphiura filiformis</i>	J8, I5, I8, G6, G9, Z4
<i>Amphiura brachiata</i>	Z2
<i>Amphipholis squamata</i>	J2, J3, J5, J7, I2, I4, I6, I7, I8, I10, I11, G7, G9, Z4, Z7
<i>Ophiura albida</i>	I5
<i>Ophiura texturata</i>	J5, J7, J8, I2, I3, I5, I7, I8, I9, I10, G2, G5, G6, G7, G9, Z4, Z6, Z7
<i>Spatangus purpureus</i>	I7
<i>Echinocardium cordatum</i>	J2, J3, J4, J5, J7, I1, I3, I6, I7, G1, G2, Z2, Z4
<i>Echinocardium flavescens</i>	I2
<i>Echinocardium pennatifidum</i>	I4
<i>Brissoopsis lyrifera</i>	J11, I8, I9, G10, Z5, Z6, Z7
<i>Leptopentacta elongata</i>	J8, I8
<i>Leptopentacta tergestina</i>	I10
<i>Thyone inermis</i>	G1
Molpadonia	I8
<i>Cucumaria</i> sp.	J7, I8, I10
<i>Leptosynapta inhaerens</i>	I5, I8
<i>Leptosynapta minuta</i>	I3
<i>Labidoplax digitata</i>	J8, J11, I9, G7, G9, Z3, Z4, Z6
<b>Hemichordata</b>	
Enteropneusta	J11, G5

Tabla VII (continuación).

Taxones	Estaciones
<b>Cephalochordata</b>	
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	J1, J3, I1 Z2
<b>Tunicata</b>	
Stolidobranchia	I1
<b>Chordata</b>	
<i>Trachinus dracco</i>	G4
Pisces	I3, I7

Vervoort, 1959, *Mangelia brachystoma* (Philippi, 1844), *Episiphon filum* (Sowerby, 1860), *Similipecten similis* (Laskey, 1811), *T. equalis*, *Bornia geoffroyi* (Payraudeau, 1826), *Montacuta substriata* (Montagu, 1808), *Thracia phaseolina* (Lamarck, 1818), *Pandora pinna* (Montagu, 1803), *Cochlodesma pratenuae* (Pulteney, 1799), *Arcturina rhomboides* Koehler, 1911, *Amakusanthura iberica* Reboreda y Wägele, 1992, *Ichnopus spinicornis* Boeck, 1861, *Tryphosella longidactyla* Ruffo, 1985 y *Echinocardium pennatifidum* Normand, 1868 son especies nuevas para la fauna de la costa vasca. Los géneros *Cadulus* y *Vemakylindrus* también se refieren por primera vez para la fauna de la costa vasca. Las especies *Lysianassa insperata* (Lincoln, 1979), *Ampelisca lusitanica* Bellan-Santini y Marques, 1987 y *Leptocheirus bispinosus* Norman, 1908 constituyen nuevas citas para el Cantábrico y para el golfo de Vizcaya, al igual que el género *Liropus*. *A. lusitanica* se cita por vez primera fuera de las costas portuguesas. El poliqueto *Hesiospina similis* (Hessle, 1925) constituye nueva referencia para el Atlántico peninsular. El género *Chaunorhynchus* se cita por primera vez en la zona circalitoral de la península Ibérica. *Paraphellia expansa* (Hadon, 1886), *Amphicteis midas* (Gosse, 1855), *Polycirrus plumosus* (Wollebaek, 1912), *Ampelisca cavicoxa* Reid, 1951 y *Apherusa henneguyi* Chevreux y Fage, 1925, son nuevas referencias para la península Ibérica. El género *Heterodrilus* es nuevo para la fauna de la península Ibérica. El poliqueto *Syllis gerundensis* (Alós y Campoy, 1981) y el anfípodo *Parunciola seurati* Chevreux, 1911 se citan por primera vez en las costas atlánticas europeas. Por su parte, *Aphelochaeta glandaria* Blake, 1996 es nueva referencia para el continente europeo. Además de las anteriores, un conjunto de ejemplares continúan aun en fase de estudio ante la posibilidad de tratarse de especies nuevas para la ciencia.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a los dos anónimos revisores por la contribución de sus comentarios y sugerencias a la mejora final del artículo; así como a la Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental del Departamento de Medioambiente y Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco por la financiación económica del estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirrezabalaga, F. 1984. Contribución al estudio de anélidos poliuetos de la costa de Guipúzcoa. *Munibe* 36: 119-130.
- Aguirrezabalaga, F., A. Altuna, M. D. Arrarás, I. Miguel, A. Romero, M. D. Ruiz de Ocenda, C. San Vicente y M. Ibáñez. 1986. Contribución al conocimiento de la fauna marina de la costa vasca. IV. *Lurralde* 9: 133-158.
- Aguirrezabalaga, F., A. Altuna, A. Borja, J. Feliú, M. García-Carrascosa, A. Romero, C. San Vicente, J. A. Torres, M. J. Uriz y M. Ibáñez. 1984. Contribución al conocimiento de la fauna marina de la costa vasca. II. *Lurralde* 7: 83-133.
- Aguirrezabalaga, F., M. D. Arrarás, I. Arteche, A. Romero, M. J. Ruiz de Ocenda, J. A. Torres, M. J. Uriz, M. Zabala y M. Ibáñez. 1985. Contribución al conocimiento de la fauna marina de la costa vasca. III. *Lurralde* 8: 121-140.
- Altuna, A. 1994. *Estudio faunístico, ecológico y biogeográfico de los cnidarios bentónicos de la costa vasca*. Tesis doctoral. Universidad de Navarra. Pamplona, España: 769 pp.
- Altuna, A., F. Aguirrezabalaga y J. Martínez. 2006. An exceptional occurrence of *Cavernularia pusilla* (Anthozoa: Pennatulacea) off the Basque coast (south-east Bay of Biscay, north-eastern Atlantic). *Journal of the Marine Biological Association 2-Biodiversity Records*: 1-3.
- Altuna, A., A. Romero, J. A. Torres y M. Ibáñez. 1983. Contribución al conocimiento de la fauna marina de la costa vasca. I. *Lurralde* 6: 127-155.
- Anadón, R. 1980. Estudio ecológico de la macrofauna del estuario de La Foz (NO de España). I. Composición, estructura, variación estacional y producción de las comunidades. *Investigación Pesquera* 44: 407-444.
- Arteche, I. y A. Rallo. 1985. Equinodermos de las costas de Galicia y cornisa cantábrica. Catálogo previo. *Cuadernos de Investigaciones Biológicas* 7: 1-89.
- Borja, A., F. Aguirrezabalaga, J. Martínez, J. C. Sola, L. García-Arberas y J. M. Gorostiaga. 2004. Benthic communities, biogeography and resources management. En: *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country* (Elsevier Oceanography Series). A. Borja y M. Collins (eds.) 70 (18): 455-492. Elsevier. Amsterdam.
- Borja, A. e I. Muxika. 2001. Actualización del catálogo de los moluscos marinos de la costa vasca, en campañas realizadas por AZTI. *Iberus* 19 (2): 67-85.
- Bowmer, C. T. 1982. *Aspects of the biology and ecology of Amphiuira filiformis* (O.F. Müller) (Echinodermata:

- Ophiuroidea*). Tesis doctoral. National University of Ireland. Dublín: 237 pp.
- Buchanan, J. B. 1964. A comparative study of some of the features of *Amphiura filiformis* and *Amphiura chiajei* (Ophiuroidea), considered in relation to their distribution. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 44: 565-576.
- Cabioch, L. 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale. *Cahiers de Biologie Marine* 9 (5): 493-720.
- Cattaneo, M. 1981. Contribution à l'étude du plateau continental de la mer Ligure en haute Tyrhéniennne. II. Echinodermata. *Cahiers de Biologie Marine* 23: 11-24.
- Connor, D. W., D. P. Brazier, T. O. Hull, R. H. F. Holt, K. O. Northen y W. G. Sanderson. 1997. *Marine Nature Conservation Review: marine biotope classification for Britain and Ireland. 2. Sublittoral biotopes* (versión 97.06). *Joint Nature Conservation Committee Report* 230: 448 pp. Peterborough (Cambridge), Reino Unido.
- Cornet, M., J. P. Lissalde, J. M. Bouchet, J. C. Sorbe y L. Amoureux. 1983. Données qualitatives sur le benthos et le suprabenthos d'un transect du plateau continental sud Gascogne. *Cahiers de Biologie Marine* 24: 69-84.
- Dauvin, J. C. 1988. Évolution temporelle (août 1977-août 1980) du peuplement des sables grossiers à *Amphioxus lanceolatus-Venus fasciata* de la Baie de Morlaix (France). *Oceanologica Acta* 11 (2): 173-183.
- Desbryères, D., A. Guille y J. M. Ramos. 1972. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane espagnole. *Vie Milieu* 23 (2B): 335-366.
- Dexter, D. M. 1990. The effect of exposure and seasonality on sandy beach community structure in Portugal. *Ciênc. Biol. Ecol. Sist.* (Portugal) 10 (1/2): 31-50.
- Ford, E. 1923. Animal communities of the level sea-bottom in the waters adjacent to Plymouth. *Journal. Marine Biological Association (United Kingdom)* 13: 164-224.
- Gerdes, D. 1977. The reestablishment of an *Amphiura filiformis* population in the inner part of the German Bight. En: *Biology of Benthic Organisms*. B. F. Keegan, P. O'Ceidigh y P. J. S. Boaden (eds.): 277-283. Pergamon Press. Oxford, Inglaterra.
- Gili, J. M. y F. Pagès. 1987. Pennatulaceos (Cnidaria, Anthozoa) recolectados en la plataforma continental catalana (Mediterráneo occidental). *Miscelanea Zoologica* 11: 25-39.
- Glémarec, M. 1973. The benthic communities of the European North Atlantic continental shelf. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 11: 263-289.
- Glémarec, M. y A. Menesguen. 1980. Functioning of a muddy sand ecosystem: seasonal fluctuations of different trophic levels and difficulties in estimating production of the dominant macrofauna species. En: *Marine Benthic Dynamics*. K. R. Tenore y B. S. Coull (eds.): 49-68. University of South Carolina Press. Columbia, EE UU.
- Jones, N. S. 1950. Marine bottom communities. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 25: 283-313.
- Junoy, J. M. 1988. *Estudio de la fauna intermareal de sustrato blando de la Ría de Foz (Lugo)*. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid), España: 619 pp.
- Laborda, A. J. 1986. Distribución espacial de una comunidad de *Tellina* (Pelecypoda : Tellinidae) en la playa de Covas (NO de España). *Investigación Pesquera* 50: 43-55.
- Lagardère, J. P. 1966. Recherches sur la biologie et l'écologie de la macrofaune des substrats meubles de la côte des Landes et de la côte Basque. *Bulletin du Centre d'Études et des Recherches Scientifiques de Biarritz* 6 (2): 143-209.
- Lastra, M., J. Mora, A. Sánchez y J. Palacio. 1990. Comunidades bentónicas infralitorales de la Bahía de Santander (N de España). *Cahiers de Biologie Marine* 31: 25-46.
- Le Loeuff, P. y A. Intès. 1993. La faune benthique du plateau continental de Côte d'Ivoire. En: *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire: 1. Le mielle marin*. P. le Loeuff, E. Marchal y J. B. Amon Kothias (eds.): 195-236. Orstom. París.
- López-Jamar, E. 1981. Spatial distribution of the infaunal benthic communities of the Ría de Muros, North-West Spain. *Marine Biology* 63: 29-37.
- López-Jamar, E. y G. González. 1987. Infaunal macrobenthos of the Galician continental shelf off La Coruña Bay, Northwest Spain. *Biological Oceanography* 4: 165-192.
- Martínez, J. e I. Adarraga. 2001. Distribución batimétrica de comunidades macrobentónicas de sustrato blando en la plataforma continental de Guipúzcoa (golfo de Vizcaya). En: *XI Simposio ibérico de estudios del bentos marino* (22-25 de febrero, 2000. Torremolinos, Málaga, España). J. E. García Raso (ed.) 17 (1-2): 33-48. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*.
- Martínez, J. e I. Adarraga. 2003. Estructura y evolución temporal de los sedimentos y de las comunidades bentónicas afectadas por los vertidos de un colector de aguas residuales en San Sebastián (Guipúzcoa) (golfo de Vizcaya). En: *XII Simposio ibérico de estudios del bentos marino* (22-25 de octubre, 2002. Gibraltar, Reino Unido - La Línea de la Concepción, Cádiz, España). J. C. García-Gómez, J. M. Guerra-García, C. Mosquera de Arancibia, C. M. López-Fe de la Cuadra y D. A. Fa (eds.) 19 (1-4): 345-370. *Boletín. Instituto Español de Oceanografía*.
- Mazé, R. A., A. J. Laborda y E. Luis. 1990. Macrofauna intermareal de sustrato arenoso en la Ría de El Barquero (Lugo, NO España). II. Estructura de la comunidad. Zonación. *Cahiers de Biologie Marine* 31: 47-64.
- Monteiro, V. 1984. Definição do volume mínimo em duas comunidades infralitorais da Costa do Algarve (Sul do Portugal): Areia de *Spisula solida* e areia de *Branchiostoma lanceolatum*. En: *Actas do IV Simposio Iberico de Estudos do Bentos Marinho* ((21-25 de mayo, 1984. Lisboa, Portugal). V. Monteiro (ed.) I: 19-34. Associação de Estudantes da Faculdade de Ciências de Lisboa. Lisboa.
- Ockelmann, K. W. y K. Muus. 1978. The biology, ecology and behaviour of the bivalve *Mysella bidentata* (Montagu). *Ophelia* 17: 1-93.
- O'Connor, B., T. Bowmer y A. Grehan. 1983. Long-term assessment of the population dynamics of *Amphiura filiformis* (Echinodermata: Ophiuroidea) in Galway Bay (west coast of Ireland). *Marine Biology* 75: 279-286.
- Pérès, J. M. y J. Picard. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux Station Marine d'Endoume* 14: 1-122.

- Petersen, C. G. J. 1913. Valuation of the sea. II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. *Report of the Danish Biological Station to the Board of Agriculture* 21: 1-42.
- Petersen, C. G. J. 1915. On the animal communities of the sea bottom in the Skagerrak, the Christiania Fjord and the Danish waters. *Report of the Danish Biological Station to the Board of Agriculture* 23: 3-28.
- Petersen, C. G. J. 1918. The sea-bottom and its production of fish-food. A survey work done in connection with the valuation of the Danish waters from 1883-1917. *Report of the Danish Biological Station to the Board of Agriculture* 25: 1-62.
- Picard, J. 1965. Recherches qualitatives sur les biocenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Recueil des Travaux Station Marine d'Endoume* 36: 1-160.
- Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal Theoretical Biology* 10: 370-383.
- Poppe, G. T. e Y. Goto. 1993. *European seashells: II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Verlag Christa Hemmen. Wiesbaden, Alemania: 221 pp.
- Shannon, C. E. y W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, EE UU: 117 pp.
- Sola, C. y M. Ibáñez. 1986. Estudio de la fauna de anélidos poliquetos de los fondos blandos del estuario del Bidasoa. *Lurralde* 9: 165-181.
- Stephen, A. C. 1930. Studies on the Scottish marine fauna. Additional observations on the fauna of the sandy and muddy areas of the tidal zone. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 56: 521-535.
- Thorson, G. 1957. Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). *Memoires of the Geological Society of America* 67: 461-534.
- Trask, P. D. 1950. *Applied sedimentation*. John Wiley and Sons. Nueva York: 707 pp.
- Viéitez, J. M. 1976. Ecología de poliquetos y moluscos de la playa de Meira (Ría de Vigo). I. Estudio de las comunidades. *Investigación Pesquera* 40: 223-248.
- Viéitez, J. M. 1981. Estudio de las comunidades bentónicas de dos playas de las Rías de Pontevedra y Vigo (Galicia, España). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 6: 242-258.
- Williams, G. C. 1989. The pennatulacean genus *Cavernularia* Valenciennes (Octocorallia: Veretillidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 95 (4): 285-310.
- Zavodnik, D. 1972. Amphiuroidae (Echinodermata: Ophiuroidea) of the Adriatic Sea. *Zoologische Jahrbuecher. Systematik Bd.* 99: 610-625.



## NOTE

# Preliminary biological data on the northeast Mediterranean conger eel *Conger conger* L., 1758

M. Vallisneri<sup>1</sup>, M. Scapolatempo<sup>1</sup> and C. Piccinetti<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Evolutionary Experimental Biology, University of Bologna, via Selmi, 3-40126 Bologna, Italy.  
E-mails: maria.vallisneri@unibo.it; scatempo@gmail.com

<sup>2</sup> Laboratory of Marine Biology and Fishery, University of Bologna, Fano (Pu) University of Bologna, Italy.  
E-mail: lbmpfano@mobilia.it

Received June 2006. Accepted April 2007.

### ABSTRACT

Specimens of conger eel *Conger conger* L., 1758 from spring Medits (Mediterranean International Trawl Survey, spring 2002) and autumn Grund (National Group for Demersal Resource Evaluation, autumn 2001 and 2002) trawl surveys in the Adriatic (northeast Mediterranean) at depths of between 0 and 400 m, were found to measure in length from 21 to 130 cm, with greater frequency in the 30 to 50 cm range. Age determined on the basis of ring count and the length of the greater otolith axis was found to be between 3 and 8 years, with the majority of specimens in the 4- to 5-year range. Histological gonad analysis only revealed immature ovaries. The specimens were found to feed chiefly on Osteichthyes, Crustacea and Mollusca, which are most abundant in autumn.

**Keywords:** *Conger conger*, growth, reproduction, diet.

### RESUMEN

**Relación de crecimiento, reproducción y hábitos alimentarios de congrio *Conger conger* L., 1758 en el Mediterráneo nororiental**

Los ejemplares de congrio *Conger conger* L., 1758 provenientes de las campañas de primavera Medits (Mediterranean International Trawl Survey, primavera de 2002) y de otoño Grund (National Group for Demersal Resource Evaluation, otoño de 2001 y 2002) en el mar Adriático (Mediterráneo nororiental), entre 0 y 400 m de profundidad, tienen una longitud que oscila entre 21 y 130 cm y, con mayor frecuencia, entre 30 y 50 cm. La edad, determinada mediante la cuenta de los anillos y la medición del eje mayor de los estatolitos, se estima entre 3 y 8 años, con predominio de ejemplares de 4 y 5 años. El análisis histológico de las gónadas ha permitido identificar solo óvulos inmaduros. La dieta, más abundante en otoño, se constituye principalmente a base de Osteichthyes, Crustacea y Mollusca.

**Palabras clave:** *Conger conger*, crecimiento, reproducción, dieta.

## INTRODUCTION

The European conger eel *Conger conger* L., 1758 is distributed in the eastern Atlantic Ocean, from Norway to Senegal. It is also present in the Mediterranean and in the western part of the Black Sea. The species is an important benthic fish and represents a valuable fishery resource (Figueiredo, Figueiredo and Correia, 1996; Relini, Bertrand and Zamboni, 1999). A reliable assessment of this resource, however, still calls for close examination of the biological aspects involved (Relini, Bertrand and Zamboni, 1999; Correia *et al.*, 2006). Total world *C. conger* catch reported to the FAO for 2001 was 14 238 t; the countries with the largest catches were France (5 225 t) and Portugal (3 311 t) (FAO-FIGIS, 2001). Conger eel spawning is assumed to occur at great depths (3 000-4 000 m) in the Atlantic (between Gibraltar and the Azores archipelago) once a year in summer. In the Mediterranean Sea, the only currently known spawning ground is in the waters south of the island of Sardinia at depths of between 600 and 800 m (Cau and Manconi, 1983). Actual spawning grounds and migration pathways of the species to European and North African coasts may only be properly determined by studying geographic distribution, growth and reproduction patterns, and genetic structure (Sbaihi *et al.*, 2001; Sánchez, Blanco and Gancedo, 2002; Correia *et al.*, 2006; Vallisneri *et al.*, 2006).

## MATERIALS AND METHODS

A hundred and seventy conger eels were caught in the Adriatic with a tartan-type trawl at depths of between 0 and 400 m at over 3 miles from the coast as part of the Medits (Mediterranean International Trawl Survey, spring 2002) and Grund (National Group for Demersal Resource Evaluation, autumn 2001 and 2002) research projects (figure 1). More complete information about these programmes can be found in Relini and Piccinetti (1996). Overall length (TL in cm) of all specimens was measured, and the age of 37 specimens from all frequency classes was determined. More precisely, age was determined by measuring the longer axis of the otoliths (otolith diameter in mm) using a Leica Qween computer-assisted image analyser and counting the rings using a stereomicroscope after

lengthwise cutting, smoothing and clarification in ethyl alcohol. Sex identification was attempted using a microscope to examine the gonads of the full sample, and confirmed by histological analysis of sub-samples from all age classes. For this purpose, the gonads were fixed in Bouin solution, dehydrated in ethyl alcohol, embedded in Paraplast plus, sectioned to 7  $\mu\text{m}$ , and stained with Mayer hemalum and yellow eosin. Diet was determined on the full sample by examining stomach contents on a 4-level scale (empty, semi-empty, semi-full, full) and the quality and quantity of the ingested preys.

## RESULTS

Length was found to range from 21 to 130 cm (table I), and modes from 31 to 40 cm for the Medits spring trawl survey and from 41 to 50 cm for the Grund autumn trawl surveys. Age was assessed at from between 3 and 8 years, with greater frequency at between 4 and 5 years. Greater otolith axis length was found to rise in an almost linear way with the increase of length and age (table II).

In all specimens, gonads appeared to be in the form of two long flat ribbons wrinkled along the edges, whitish, and poorly vascularised. Histological

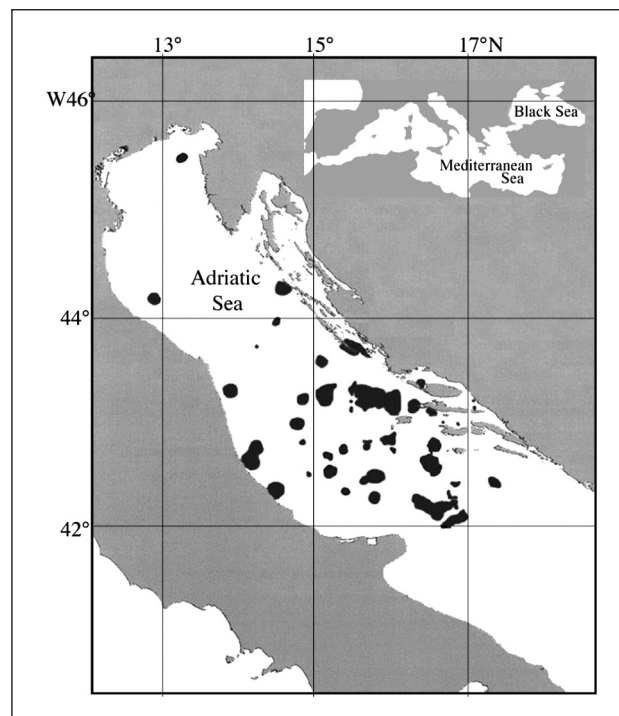


Figure 1. *Conger conger* sampling area in the Mediterranean

Table I. Size distribution frequency (%) for the *Conger conger* trawl surveys

Length class (cm)	% GRUND 2001	% GRUND 2002	% MEDITS 2002
21-30	5	16	14
31-40	19	12	51
41-50	66	54	9
51-60	4	4	14
61-70	3	7	9
71-80	1	8	1
81-90	1	0	1
121-130	1	0	1

examination revealed these gonads to be immature ovaries consisting of numerous lamellae with oocytes surrounded by a large adipose matrix. The oocytes, arranged along the edges of the lamellae, were in the pre- or initial vitellogenesis stage and featured lipidic vesicles in the cytoplasm.

Table III shows stomach content level of all specimens examined. The percent of full stomachs was greater in autumn than in spring. Quality-wise, the diet was seen to consist of Osteichthyes, Crustacea and Mollusca Cephalopoda (table IV). Quantity-wise, Osteichthyes and Crustacea were found to prevail in percent terms compared to Mollusca Cephalopoda (table IV).

## DISCUSSION

Findings on the conger eel are still at a preliminary stage and, given the lack of literature on the subject, comparisons are difficult to make (Correia *et al.*, 2006). Nevertheless, growth may be observed to differ depending on geographic area. In fact, in the Adriatic, a narrow inner sea of the Mediterranean, growth was seen to be less than that observed in Brittany, whose coastline is along the Atlantic Ocean (Campillo, 1992).

Findings as to reproductive biology are also few (Relini, Bertrand and Zamboni, 1999; Sbaihi *et al.*, 2001). Little is yet known on the spawning period, most likely summer (Relini, Bertrand and Zamboni, 1999); spawning areas (Correia *et al.*, 2006); spawning depth, which seems to range between 600 and 800 m (Cau and Manconi, 1984); and sexual maturity onset age, which seems to range between 5 and 15 years (Whitehead *et al.*, 1986). The conger eels examined in the present study were caught on neritic sea beds at a depth of

Table II. *Conger conger* age (years) distribution frequency (%) and measurements of greater otolith axis in relation to size

Age (years)	Range otolith diameter (mm)	Range TL (cm)	Frequency (%)
3	3.7-5	21-30	12
4	4.2-6	31-40	27
5	5-7.2	41-50	43
6	7-9	51-80	16
7	10-10.5	81-90	1
8	13	121-130	1

between 0 and 400 m, and were all females with immature gonads. These findings are in agreement with those reported by Cau and Manconi (1983) for Sardinian catches. According to these authors, *sex ratio* depends on depth, ranging from 0:1 down to depths of 400 m because of the complete absence of males, 0.5:1 for depths from 400 to 800 m, and to 1:1 from 400 to 1 000 m. The fact that only females were found on neritic sea beds seems to suggest a possible influence of the environment on gonad differentiation (Relini, Bertrand and Zamboni, 1999). The macroscopic appearance of the gonad with a plate-like lamellar structure and its histological characteristic with a large adipocyte matrix are both in agreement with the findings of Fannon, Fahy and O'Reilly (1990) and with Robinet *et al.* (2003) for other eel species.

The conger eel may be said to be a voracious predator, as the percent of specimens with a full stomach was found to be high both in spring and autumn catches. Unlike Cau and Manconi (1984), only a small percentage of specimens in our sample were found to have an empty stomach at the time of gamete spawning. This may be explained by the fact that, as borne out by histological data, the specimens examined by us were not proximate to spawning. Quality-wise, the diet of our specimens was seen to be essentially in line with the literature (Macpherson, 1979; Mori, 1982; Cau and Manconi, 1984; Morato *et al.*, 1999). Depth-related differences (Cau and Manconi, 1984) were not observed,

Table III. Stomach content level in *Conger conger*

Empty stomachs (%)	Autumn	Spring
Empty	17.1	29.2
Semy-empty	27.8	37.5
Semy-full	19.9	20.8
Full	36.2	12.5

Table IV. Diet composition in *Conger conger*

Osteichthyes 49 %	Crustacea 48 %	Mollusca 3 %
<i>Callionymus</i> sp.	<i>Goneplax</i> sp.	<i>Illex coindetii</i> (Vérany, 1839)
<i>Gobius niger</i> (L., 1758)	<i>Munida</i> sp.	Sepiolidae
<i>Arnoglossus</i> sp.	<i>Nephrops norvegicus</i> (L., 1758)	
<i>Coelorhynchus</i> sp.	<i>Squilla mantis</i> (L., 1758)	
<i>Boops boops</i> (L., 1758)	<i>Squilla desmaresti</i> (Risso, 1816)	
<i>Engraulis encrasicolus</i> (L., 1758)		
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)		
<i>Lophius</i> sp.		
<i>Spicara</i> sp.		
<i>Coelorhynchus coelorhynchus</i> (Risso, 1810)		

probably because our specimens were retrieved from relatively shallow deep-waters, 400 m at most.

In conclusion, it may be said that our knowledge of the conger eel's biology is still quite poor, probably owing to its complex life cycle. In fact, it goes through great changes, starting from its initial leptocephalic stage (Tortonese, 1970; Correia *et al.*, 2002), and also migrates to very great depths (Cau and Manconi, 1984). A more thorough knowledge of this species is hence called for, especially given its importance as a fishery resource.

## REFERENCES

- Campillo, A. 1992. *Les pêcheries françaises de Méditerranée: synthèse des connaissances*. Rapports Internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'Ifremer. Ifremer, DRV92/019-RH/Sète (1992): 206 pp. Sète, France.
- Cau, A. and P. Manconi. 1983. Sex ratio and spatial displacement in *Conger conger*. *Rapp. P.V. Reun. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Mediter. (Monaco)* 28 (5): 93-96.
- Cau, A. and P. Manconi. 1984. Relationship of feeding, reproductive cycle and bathymetric distribution in *Conger conger*. *Marine Biology* 81 (2): 147-151.
- Correia, A. T., R. Faria, P. Alexandrino, C. Antunes, E. J. Isidro and J. Coimbra. 2006. Evidence for genetic differentiation in the European conger eel *Conger conger* based on mitochondrial DNA analysis. *Fisheries Science* 72 (1): 20-27.
- Correia, A. T., E. J. Isidro, C. Autunes and J. Coimbra. 2002. Age, growth, distribution and ecological aspects of *Conger conger leptocephali* collected in the Azores, based on otolith analysis of premetamorphic specimens. *Marine Biology* 141 (6): 1141-1151.
- Fannon, E., E. Fahy and R. O'Reilly. 1990. Maturation in female conger eel, *Conger conger* (L.). *Journal of Fish Biology* 36 (2): 275-276.
- FAO-FIGIS. 2001. A world overview of species of interest to fisheries. Chapter: *Conger conger*. FIGIS Species Fact Sheets. Species Identification and Data Programme-SIDP. FAO-FIGIS: 2 pp. Retrieved on 24 May 2005, from [www.fao.org/figis/serolet/species?fid=2994](http://www.fao.org/figis/serolet/species?fid=2994)
- Figueiredo, M. J., I. Figueiredo and J. Correia. 1996. Caracterizacao geral dos recursos de profundidade em estudo no IPIMAR. *Relat. Cient. Tec. Inst. Invest. Marit.* 21: 50 pp.
- Macpherson, E. 1979. Relations trophiques des poissons dans la Méditerranée occidentale. *Rapp. P.V. Reun. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Mediter. (Monaco)* 25/26: 49-58.
- Morato, T., E. Solà, M. P. Gros and G. Menezes. 1999. Diets of forkbeard (*Phycis phycis*) and conger eel (*Conger conger*) of the Azores during spring of 1996 and 1997. *Life Marine Science* 17 (a): 51-64.
- Mori, M. 1982. Osservazioni sull'alimentazione di *Conger conger* dei fondi batiali liguri. *Bollettino Museale Istituto Biologico Università Genova* 50 (suppl.): p. 391.
- Relini, G., J. Bertrand and A. Zamboni. 1999. Sintesi delle conoscenze sulle riserve da pesca dei fondi del Mediterraneo Centrale (Italia e Corsica). *Biologia Marina Mediterranea* 6 (suppl. 1): 174-179.
- Relini, G. and C. Piccinetti. 1996. Ten years of trawl surveys in Italian seas (1985-1995). *FAO Fisheries Reports* 533 (suppl.): 21-41.
- Robinet, T., M. Sbahi, S. Guyet, B. Mounaix, S. Dufour and E. Feunteun. 2003. Advanced sexual maturation before marine migration of *Anguilla bicolor* and *Anguilla marmorata* at Reunion Island. *Journal of Fish Biology* 63: 538-542.
- Sánchez, F., M. Blanco and R. Gancedo. 2002. *Atlas de los peces demersales y de los invertebrados de interés comercial de Galicia y el Cantabrico. Otoño 1997-1999*. Instituto Español de Oceanografía. Madrid: 158 pp.
- Sbahi, M., M. Fouchereau-Peron, F. Meunier, P. Elie, I. Mayer, E. Burzawa-Gerard, B. Vidal and S. Dufour. 2001. Reproductive biology of the conger eel from the south coast of Brittany, France and comparison with the Europe eel. *Journal of Fish Biology* 59: 302-318.
- Tortonese, E. 1970. *Fauna d'Italia: Osteichthyes (pesci ossei)*. Calderini. Bologna, Italy: 636 pp.
- Vallisneri, M., M. Scapolatempo, C. Manfredi and S. Tommasini. 2006. Osservazioni sulla distribuzione e biologia del grongo (*Conger conger* L.) in Alto-Medio Adriatico. *Biologia Marina Mediterranea* 13 (1): 920-923.
- Whitehead, P. J. P., M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese. 1986. *Fishes of the North-Eastern Atlantic and Mediterranean (FNAM)* vol. II: 567-574. Unesco. Paris: 979 pp.

## NOTA

# Contribución al conocimiento sobre el crecimiento del pejerrey *Atherina boyeri* Risso, 1810 en el norte de Menorca (islas Baleares, Mediterráneo occidental)

P. Manent Sintés y J. Abella Gutiérrez

Departamento de Medio Litoral. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Ctra. de Taliarte, s/n. Apdo. 56. E-35200 Gran Canaria, España. Correos electrónicos: pabloms@iccm.rcanaria.es; joseluisabella@gmail.com

Recibido en junio de 2006. Aceptado en abril de 2007.

### RESUMEN

Se estudiaron algunos aspectos biológicos en poblaciones de *Atherina boyeri* Risso, 1810 a partir de ejemplares obtenidos en las bahías del norte de la isla de Menorca (Mediterráneo occidental) entre mayo y noviembre de 2003 con un arte de pesca tradicional. Se encontraron diferencias significativas entre ambos sexos, mostrando las hembras mayor talla que los machos. Los coeficientes de crecimiento de la ecuación de Von Bertalanffy de toda la muestra fueron  $L_{\infty} = 83,19$  mm y  $k = 1,22$  años<sup>-1</sup>. El coeficiente de alometría fue negativo y menor que 3.

**Palabras clave:** *Atherina boyeri*, crecimiento, bahía, Mediterráneo occidental.

### ABSTRACT

**Contribution on growth of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 off northern Minorca (Balearic Islands, western Mediterranean)**

Some biological aspects of *Atherina boyeri* Risso, 1810 populations in the northern bays of Minorca Island (western Mediterranean) were studied from May to November 2003 using a traditional small net. Significant differences were found between the sexes, with females being larger than males. The Von Bertalanffy parameters for the total sample of *A. boyeri* were found to be  $L_{\infty} = 83.19$  mm and  $k = 1.22$  years<sup>-1</sup>. Its allometric coefficient was negative, and lower than 3.

**Keywords:** *Atherina boyeri*, growth, bay, western Mediterranean.

### INTRODUCCIÓN

El pejerrey *Atherina boyeri* Risso, 1810 es un pez pequeño, con un ciclo de vida corto y eurihalino. Habita principalmente en aguas de la zona litoral y

de estuarios y en lagunas costeras, tolerando un amplio rango de salinidades (Henderson y Bamber, 1987). Se distribuye por el Mediterráneo y mares adyacentes, mar Caspio, mar Aral, el noreste atlántico (desde Marruecos y las Azores hasta las

costas de Escocia) y en la zona sur del Mar del Norte (Henderson y Bamber, 1987; Quignard y Pras, 1984). Su presencia en Menorca es común, adentrándose en bahías calmadas donde forma grandes cardúmenes (Cardona y Elices, 2002).

Además, la especie presenta una gran polimorfía que le permite ajustar sus necesidades energéticas a las condiciones del medio donde habitan (Andreu-Soler *et al.*, 2003).

Debido al desconocimiento sobre la biología de la especie en las islas Baleares, el objetivo del presente estudio se centra en estimar algunas relaciones morfométricas así como los coeficientes de crecimiento de la especie en la isla de Menorca.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en las bahías de Fornells (40° 3' 0" N, 4° 8' 20" E), Sa Nitja (40° 4' 30" N, 4° 5' 10" E) y Addaia (40° 0' 0" N, 4° 12' 0" E) situadas en la costa norte de la isla de Menorca (islas Baleares, España) en el Mediterráneo occidental (figura 1).

Las muestras fueron recogidas mensualmente desde mayo hasta noviembre de 2003 con un arte de pesca tradicional denominado moixonera, con una luz de malla de 4 mm.

Las muestras fueron conservadas a -17°C y transportadas al laboratorio donde fueron clasificadas según Quignard y Pras (1984) y donde se anotaron la longitud furcal ( $L_f$ , con 1 mm de precisión), la longitud estándar ( $L_s$ , con 1 mm de pre-

cisión) de 205 individuos y el peso ( $W$ , con 0,1 g de precisión). Fueron sexados macroscópicamente 749 individuos por observación directa de las gónadas.

Se calculó la relación talla estándar-talla furcal mediante la ecuación

$$L_s = a + b (L_f).$$

La relación talla-peso se basó en la ecuación  $W = a L_t^b$  transformada a partir de la recta logarítmica  $\ln W = \ln a + b \ln L_t$ ;  $L_t$  es la longitud total. Los coeficientes  $a$  y  $b$  fueron calculados por una regresión de mínimos cuadrados, y también se determinó el coeficiente de correlación de Pearson. Las diferencias entre las tallas de distintos sexos se calcularon utilizando un test  $t$  de student. Se calcularon los coeficientes  $L_\infty$  y  $K$  de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy para el total de individuos, agrupados en clases de talla de 2 mm, siguiendo el modelo lineal sugerido por Gulland y Holt (en Sparre y Venema, 1992) utilizando el programa Fisat II (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools).

## RESULTADOS

En la tabla I pueden observarse los valores descriptivos de la longitud y el peso para el total de individuos y por sexos. Se dieron diferencias significativas entre sexos en la talla ( $t = -6,30946$ ;  $p < 0,01$ ), con las hembras mayores que los machos.

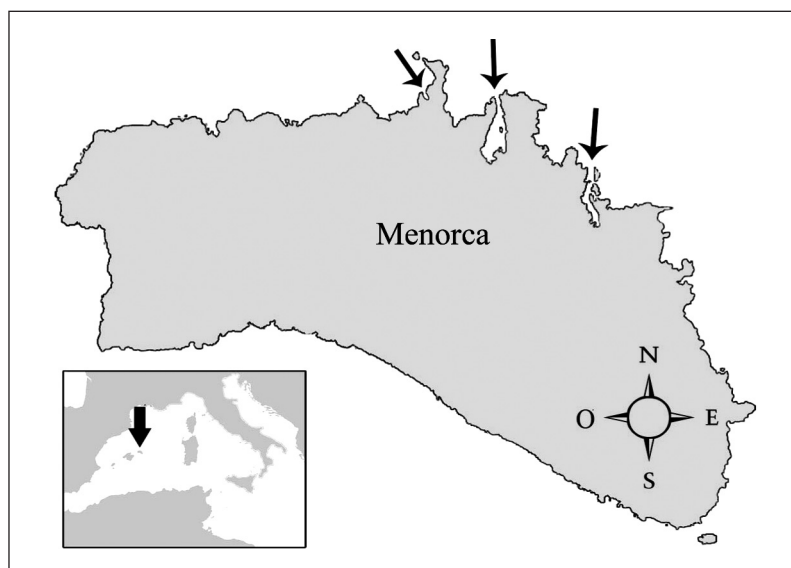


Figura 1. Localización de Menorca en el Mediterráneo occidental y ubicación de las bahías estudiadas en la isla.

Tabla I. Valores descriptivos de *Atherina boyeri* en la costa norte de Menorca. (n): tamaño muestral; (x): talla media; (y): peso medio; (m): mínimo; (M): máximo; (SD): desviación estándar.

	Talla (mm)					Peso (g)			
	n	x	m	M	SD	y	m	M	SD
Total	3832	48,42	17	80	11,17	1,19	0	5,7	0,74
Machos	388	53,98	36	80	7,88	1,63	0,4	5,6	0,69
Hembras	361	57,60	32	78	7,82	1,87	0,3	5,6	0,75

Se obtuvo una intensa correlación positiva entre  $L_f$  y  $L_s$ . La ecuación de la recta resultante fue

$$L_s = 0,925 L_f - 0,799; n = 205; r = 0,9931$$

La relación talla-peso por sexos mostró una alometría negativa y menor que 3. Las ecuaciones resultantes fueron las siguientes

$$W = 2,16826 \cdot 10^{-5} (L_f)^{2,7789}; n = 3832; r = 0,9653$$

$$W = 1,31698 \cdot 10^{-4} (L_f)^{2,3498}; n = 388; r = 0,908$$

$$W = 1,1 \cdot 10^{-4} (L_f)^{2,3905}; n = 361; r = 0,901$$

para el total, los machos y las hembras respectivamente. Puede observarse en la distribución mensual de frecuencias de talla de las capturas (figura 2) que la población estuvo formada claramente por dos cohortes: la reclutada y la parental. Los reclutas aparecieron en las capturas en el mes de julio y aumentaron en número y talla hasta octubre, solapándose con la cohorte adulta.

En la tabla II pueden observarse los valores de los coeficientes de crecimiento encontrados por varios autores y los calculados en el presente estudio.

### DISCUSIÓN

*A. boyeri* presenta una elevada adaptabilidad a las condiciones ambientales, siguiendo la tendencia de reducir su crecimiento y su longitud en un eje de aguas oceánicas-costeras-estuarinas-agua dulce (Henderson y Bamber, 1987). El dimorfismo sexual existe en algunas poblaciones de *A. boyeri*, siendo siempre las hembras mayores que los machos (Andreu-Soler *et al.*, 2003; Kohler, 1976) al igual que en este estudio. En Italia, Mistri y Colombo (1988) observaron diferencias únicamente en una población de las analizadas. Gon y Ben-Tuvia (1983) no detectaron diferencias en la talla por sexos en Sinai.

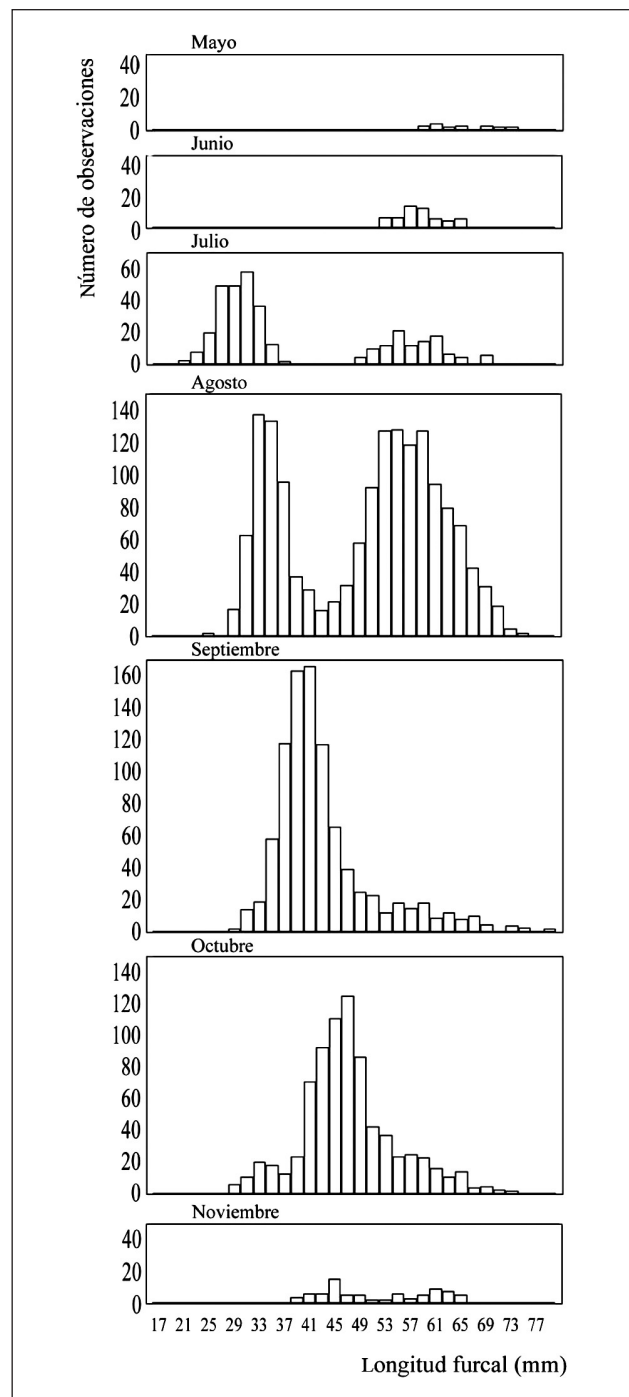


Figura 2. Distribución mensual de la frecuencia de la longitud furcal de *Atherina boyeri* en la costa norte de Menorca.

Tabla II. Valores de las constantes de crecimiento de *Atherina boyeri* evaluadas por otros autores y en el presente estudio.

Autores	Área de estudio	Muestra	$L_{\infty}$	K
Henderson y Bamber (1987)	Poblaciones de English Channel (Inglaterra)	Total	138	0,7
Creech (1992)	Laguna Alberthaw (sur de Gales)	Total	92	
Leonardos y Sinis (2000)	Lagunas Mesolong y Etolikon (oeste de Grecia)	Total	115,79	0,24
Leonardos (2001)	Lago Trichonis (oeste de Grecia)	Total	112,4	0,42
Andreu-Soler et al. (2001)	Laguna costera de Mar Menor (este de España)	Machos	81,9	0,91
		Hembras	84,58	0,81
		Total	135	0,37
Bartulovic et al. (2004)	Estuario Mala Neretva (Croacia)	Total		
Koutrakis, Kamidis y Leonardos (2004)	Estuario Virtonis (norte de Grecia)	Total	116,97	0,35
Presente estudio	Bahía Fornells (islas Baleares)	Total	83,19	1,22

Los coeficientes de crecimiento varían con respecto a otras poblaciones (tabla II). La constante K obtenida es la más elevada de todos estudios realizados sobre la especie, si bien hay que tener en cuenta que cuanto más corto es el ciclo de vida de una especie, mayor es su tasa de crecimiento. El único estudio donde  $L_{\infty}$  es similar al que presentamos, aunque con una longitud máxima mayor, es el de Andreu-Soler *et al.* (2003). Leonardos (2001) y Leonardos y Sinis (2000) encontraron en diferentes poblaciones en Grecia valores mayores de  $L_{\infty}$ . Además, la tasa de crecimiento de *A. boyeri* es particularmente elevada durante su primer año de vida (Andreu-Soler *et al.*, 2003; Leonardos, 2001), por lo que los resultados obtenidos sobre los coeficientes de crecimiento en el presente estudio podrían estar influidos por la abundancia de ejemplares de los primeros estadios juveniles, que forman la cohorte reclutada y que fueron capturados en la mayoría de los meses de estudio.

Existe una estrecha relación entre crecimiento y reproducción; así, durante la época reproductora solo existe crecimiento en los individuos inmaduros, mientras que en el *stock* reproductor el crecimiento se detiene para aprovechar al máximo las reservas y conseguir la mayor descendencia (Andreu-Soler *et al.*, 2003; Fernández-Delgado *et al.*, 1988; Henderson y Bamber, 1987; Tomasini, Collart y Quignard, 1999; Tomasini y Laugier, 2002). Con ello, atendiendo a la época de actividad reproductiva de la especie (Bartulovic *et al.*, 2006; Fernández-Delgado *et al.*, 1988; Manent y Abella, observación no publicada; Tomasini, Collart y Quignard, 1999) el aumento de las tallas medias en los meses de septiembre hasta noviembre en la cohorte adulta podría ser originado por el final del periodo de reproducción, ya que no se destina energía a este cometido (Tomasini, Collart y Quignard, 1999). El

elevado coste reproductivo también podría explicar en parte el bajo coeficiente de alometría encontrado en este estudio. Sin embargo, es menor que en cualquier otro estudio, incluso en periodos similares. Así, Fernández-Delgado *et al.* (1988) encuentran, de mayo a septiembre, un coeficiente de alometría superior a 3. Solo las poblaciones del lago Bardawil (Gon y Ben-Tuvia, 1983) y de la Camargue francesa (Rosecchi y Crivelli, 1992) presentan valores inferiores a 3, y en cualquier caso bastante alejados de los valores obtenidos por sexos en el presente estudio. Aquí también podría estar influyendo la abundancia de individuos de la nueva cohorte reclutada.

## AGRADECIMIENTOS

A la Direcció General de Pesca del Govern de Les Illes Balears por la financiación del estudio y a la Associació esportiva Sa Tramuntana de Menorca por su colaboración en la obtención de las capturas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andreu-Soler, A., F. J. Oliva Paterna, C. Fernández-Delgado y M. Torralba. 2003. Age and growth of the sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in the Mar Menor coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). *J. Appl. Ichthyol.* 19: 1-7.
- Bartulovic, V., B. Glamuzina, A. Conides, J. Dulcic, D. Dulcic, J. Njire y V. Kozul. 2004. Age, growth, mortality and sex ratio of the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva River (middle-eastern Adriatic, Croatia). *J. Appl. Ichthyol.* 20: 427-430.
- Bartulovic, V., B. Glamuzina, A. Conides, J. Dulcic, D. Dulcic, J. Njire y V. Kozul. 2006. Maturation, reproduction and recruitment of the sand smelt, *Atherina boyeri*



- Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva River (southeastern Adriatic, Croatia). *Acta Adriat.* 47: 5-11.
- Cardona, L. y M. Elices. 2002. *Enciclopèdia de Menorca: Els peixos* (tomo V). Obra Cultural de Menorà. Menorca. España: 327 pp.
- Creech, S. 1992. A study of the population biology of *Atherina boyeri* Risso, 1810 in Aberthaw Lagoon, on the Bristol Channel, in South Wales. *J. Fish Biol.* 41: 277-286.
- 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 Shelf Sci.* 27: 697-706.
- Gon, O. y A. Ben-Tuvia. 1983. The biology of Boyer's sand smelt *Atherina boyeri* Risso 1810 in the Bardawil Lagoon on the Mediterranean coast of Sinai. *J. Fish. Biol.* 22: 537-547.
- Henderson, P. A. y R. N. Bamber. 1987. On the reproductive biology of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso (Pisces: Atherinidae) and its evolutionary potential. *Biol. J. Linn. Soc.* 32: 395-415.
- Kohler, A. 1976. Observations biologiques et biométriques sur *Atherina boyeri* Risso dans l'étang du Prévoist a Palavas (Hérault). *Vie Milieu A* 26: 157-174.
- Koutrakis, E., N. I. Kamidis e I. D. Leonardos. 2004. Age, growth and mortality of the sand smelt *Atherina boyeri* (Risso, 1810), (Pisces: Atherinidae) in an estuarine system of Northern Greece. *J. Appl. Ichthyol.* 20: 382-388.
- Leonardos, I. E. 2001. Ecology and exploitation pattern of a landlocked population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810) in Trichonis Lake (W. Greece) *J. Appl. Ichthyol.* 17: 262-266.
- Leonardos, I. E. y A. Sinis. 2000. Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and EEtolikon Lagoons (W. Greece). *Fish. Res.* 45: 81-91.
- Mistri, M. y G. Colombo. 1988. Morphometric variability in sand smelt, *Atherina boyeri* Risso 1810, populations from different Italian sites. *Boll. Zool.* 3: 129-132.
- Quignard, J. P. y A. Pras. 1984. 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.
- Rosecchi, E. y A. J. Crivelli. 1992. Study of a sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) population reproducing in fresh water. *Ecology of Freshwater Fish* 1: 77-85.
- Sparre, P. y S. C. Venema. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. *FAO Fish. Tech. Pap.* 306: 1-376.
- Tomasini, J. A., D. Collart y J. P. Quignard. 1999. Reserve management strategy for the sand smelt from brakish lagoons in southern France. *J. Mar. Biol. Ass. (UK)* 79: 145-151.
- Tomasini, J. A. y T. Laugier. 2002. Male reproductive strategy and reserve allocation in sand smelt from brakish lagoons of southern France. *J. Fish Biol.* 60: 521-531.



## 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*).

Abad Caeiro, Marcelina. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Instituto de Acuicultura. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario Sur. E-15782 Santiago de Compostela (A Coruña), España. [bnlina@usc.es](mailto:bnlina@usc.es)

Abaunza Martínez, Pablo. Centro Oceanográfico de Santander. Instituto Español de Oceanografía. Promontorio de San Martín, s/n. E-39080 Santander, España. [pablo.abauza@st.ieo.es](mailto:pablo.abauza@st.ieo.es)

Alemany, Marià. Departament de Nutrició i Bromatologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona, España. [malemany@ub.edu](mailto:malemany@ub.edu)

Arévalo Díaz del Río, Luis. Centro Oceanográfico de Málaga. Instituto Español de Oceanografía. Puerto Pesquero, s/n. Apartado 285. E-29640 Fuengirola (Málaga), España. [l.arevalo@ma.ieo.es](mailto:l.arevalo@ma.ieo.es)

Carbonell Quetglas, Aina. Centro Oceanográfico de Baleares. Instituto Español de Oceanografía. Muelle de Poniente, s/n. Apartado 291. E-07015 Palma de Mallorca, España. [ana.carbonell@ba.ieo.es](mailto:ana.carbonell@ba.ieo.es)

Cerviño, Santiago. Centro Oceanográfico de Vigo. Instituto Español de Oceanografía. Cabo Estay, Canido. E-36280 Vigo (Pontevedra), España. [santiago.cerviño@vi.ieo.es](mailto:santiago.cerviño@vi.ieo.es)

Corral Estrada, Jerónimo. Instituto Español de Oceanografía. Avenida de Brasil, 31. E-28020. Madrid, España. [j.corral@md.ieo.es](mailto:j.corral@md.ieo.es)

Elbal Leante, María Teresa. Departamento de Biología Celular. Universidad de Murcia. Avenida Teniente Floresta, 5. E-30003 Murcia, España. [elbal@um.es](mailto:elbal@um.es)

Fariña Pérez, Antonio Celso. Centro Oceanográfico de A Coruña. Instituto Español de Oceanografía. Muelle de las Ánimas, s/n. Apartado 130. E-15001 A Coruña, España. [celso.farina@co.ieo.es](mailto:celso.farina@co.ieo.es)

Fernández de Puelles, María Luz. Centro Oceanográfico de Baleares. Instituto Español de Oceanografía. Muelle de Poniente, s/n. Apartado 291. E-07015 Palma de Mallorca, España. [mluz.fernandez@ba.ieo.es](mailto:mluz.fernandez@ba.ieo.es)

- García Rodríguez, Mariano. Instituto Español de Oceanografía. Corazón de María, 8. E-28002 Madrid, España. mariano.garcia@md.ieo.es
- Guerra García, José Manuel. Laboratorio de Biología Marina. Departamento de Fisiología y Zoología. Facultad de Biología. Universidad de Sevilla. Avenida Reina Mercedes 6, E-41012 Sevilla, España. jmguerra@us.es
- Guijarro García, Elena. Marine Research Institute. Skúlagata 4. 101 Reykjavík, Islandia. Dirección actual: Pérez Medina, 42, 5° C. E-03007 Alicante, España. elena.guijarro.garcia@gmail.com
- Junoy Pintos, Juan. Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Biología. Universidad de Alcalá. E-28871 Alcalá de Henares (Madrid), España. juan.junoy@uah.es
- Más Hernández, Julio. Centro Oceanográfico de Murcia. Instituto Español de Oceanografía. Magallanes, 2. Apartado 22. E-30740 San Pedro del Pinatar (Murcia), España. julio.mas@mu.ieo.es
- Massutí, Enric. Centro Oceanográfico de Baleares. Instituto Español de Oceanografía. Moll de Ponent, s/n. Apartado 291. E-07080 Palma de Mallorca, España. enric.massuti@ba.ieo.es
- Murua, Hilario. AZTI. Tecnalia. Itsas Ikerketa Saila. Herrera kaia, Portualdea, z/g. E-20110 Pasaia (Guipúzcoa), España. hmurua@pas.azti.es
- Olaso Toca, Ignacio. Centro Oceanográfico de Santander. Instituto Español de Oceanografía. Promontorio de San Martín, s/n. E-39080 Santander, España. iolaso@st.ieo.es
- Pereda Pérez, Pilar. Instituto Español de Oceanografía. Avenida de Brasil, 31. E-28020 Madrid, España. pilar.pereda@md.ieo.es
- Ramos Esplá, Alfonso. Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada. Universidad de Alicante. Carretera San Vicente del Raspeig, s/n. E-03690 San Vicente del Raspeig (Alicante), España. alfonso.ramos@ua.es
- Vázquez Rodríguez, Antonio. Instituto de Investigaciones Marinas. Eduardo Cabello, 6. E-36208 Vigo (Pontevedra), España. avazquez@iim.csic.es
- Viéitez, José Manuel. Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Biología. Universidad de Alcalá. E-28871 Alcalá de Henares (Madrid), España. josem.vieitez@uah.es

## ÍNDICE DE AUTORES

Abella-Gutiérrez, J.: 115  
Adarraga, I.: 85  
Álvarez González, C.: 3  
Bellido, J. M.<sup>a</sup>: 73  
Castelló, J.: 21  
García, T.: 57  
Garmendia, J. M.: 45  
Junoy, J.: 21  
López Abellán, L. J.: 33  
Manent-Sintes, P.: 115  
Martínez, J.: 85  
Molist García, P.: 3

Mora, J.: 45  
Pérez, N.: 73  
Piccinetti, C.: 111  
Román, E.: 33  
Ruiz, J. M.<sup>a</sup>: 85  
Ruiz Muñoz, Y.: 11  
San Juan Serrano, F.: 3, 11  
Santamaría, M. T. G.: 33  
Scapolatempo, M.: 111  
Sobrino, I.: 57  
Suárez Alonso, P.: 3, 11  
Vallisneri, M.: 111



## ÍNDICE (CONTENTS)

P. SUÁREZ ALONSO, C. ÁLVAREZ GONZÁLEZ, P. MOLIST GARCÍA Y F. SAN JUAN SERRANO. Atresia gonadal durante el ciclo gametogénico de <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819 cultivado en la ría de Vigo (noroeste de la península Ibérica) ( <i>Gonadal atresia during the gametogenic cycle of Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819 cultured in the ria of Vigo (northwest Iberian Peninsula)</i> ) . . . . .	3
Y. RUIZ MUÑOZ, P. SUÁREZ ALONSO Y F. SAN JUAN SERRANO. Glucógeno sintasa del tejido del manto de <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819 ( <i>Glycogen synthase in mantle tissue of Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819</i> ) . . . . .	11
J. CASTELLÓ Y J. JUNOY. Catálogo de las especies de isópodos marinos (Crustacea: Isopoda) de los archipiélagos macaronésicos ( <i>Checklist of marine isopod species (Crustacea, Isopoda) from Macaronesia</i> ) . . . . .	21
L. J. LÓPEZ ABELLÁN, M. T. G. SANTAMARÍA Y E. ROMÁN. Estudio comparado del crecimiento del alfonsiño <i>Beryx splendens</i> Lowe, 1834 de las montañas submarinas del golfo de Guinea y del océano Índico suroccidental ( <i>Comparative growth study of the alfonsino Beryx splendens Lowe, 1834 in the Gulf of Guinea and Southwest Indian Ocean seamounts</i> ) . . .	33
J. M. GARMENDIA Y J. MORA. Los diversos grupos faunísticos, ¿son representativos de la comunidad macrobentónica en arenas submareales? ( <i>Is there a faunal group that is a representative taxon of macrobenthic communities in subtidal sands?</i> ) . . . . .	45
I. SOBRINO AND T. GARCÍA. Reproductive aspects of the rose shrimp <i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846) in the Gulf of Cadiz (southwestern Iberian Peninsula) ( <i>Aspectos sobre la reproducción de la gamba blanca Parapenaeus longirostris (Lucas, 1846) en el golfo de Cádiz (suroeste de la península Ibérica)</i> ) . . . . .	57
J. M. <sup>a</sup> BELLIDO AND N. PÉREZ. A new optimal allocation sampling design to improve estimates and precision levels of discards from two different Fishery Units of Spanish trawlers in northeast Atlantic waters (ICES subareas VIIc,j,k) ( <i>Nuevo diseño de muestreo de asignación óptima para mejorar las estimaciones y los niveles de precisión de los descartes en dos unidades pesqueras de arrastreros españoles en el Atlántico nororiental (subáreas VIIc,j,k del CIEM)</i> ) . . .	73

J. MARTÍNEZ, I. ADARRAGA Y J. M. <sup>a</sup> RUIZ. Tipificación de poblaciones bentónicas de los fondos blandos de la plataforma continental de Guipúzcoa (sureste del golfo de Vizcaya) ( <i>Typification of benthic populations of soft bottoms on the Guipuzcoan continental shelf (southeast Bay of Biscay)</i> ) . . .	85
<b>NOTAS (NOTES)</b>	
M. VALLISNERI, M. SCAPOLATEMPO AND C. PICCINETTI. Preliminary biological data on the northeast Mediterranean conger eel <i>Conger conger</i> L., 1758 ( <i>Relación de crecimiento, reproducción y hábitos alimentarios de congrio Conger conger L., 1758 en el Mediterráneo nororiental</i> ) . . . . .	111
P. MANENT SINTES Y J. ABELLA GUTIÉRREZ. Contribución al conocimiento sobre el crecimiento del pejerrey <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810 en el norte de Menorca (islas Baleares, Mediterráneo occidental) ( <i>Contribution on growth of the sand smelt Atherina boyeri Risso, 1810 off northern Minorca (Balearic Islands, western Mediterranean)</i> ) . . . . .	115
<b>EVALUADORES (REFEREES)</b> . . . . .	121
<b>ÍNDICE DE AUTORES</b> . . . . .	123
<b>ÍNDICE (CONTENTS)</b> . . . . .	125



## 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 siete es 2007.

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.<sup>a</sup> 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 hidrológicas 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: 2007 (for two thousand and seven).

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. Edición 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.

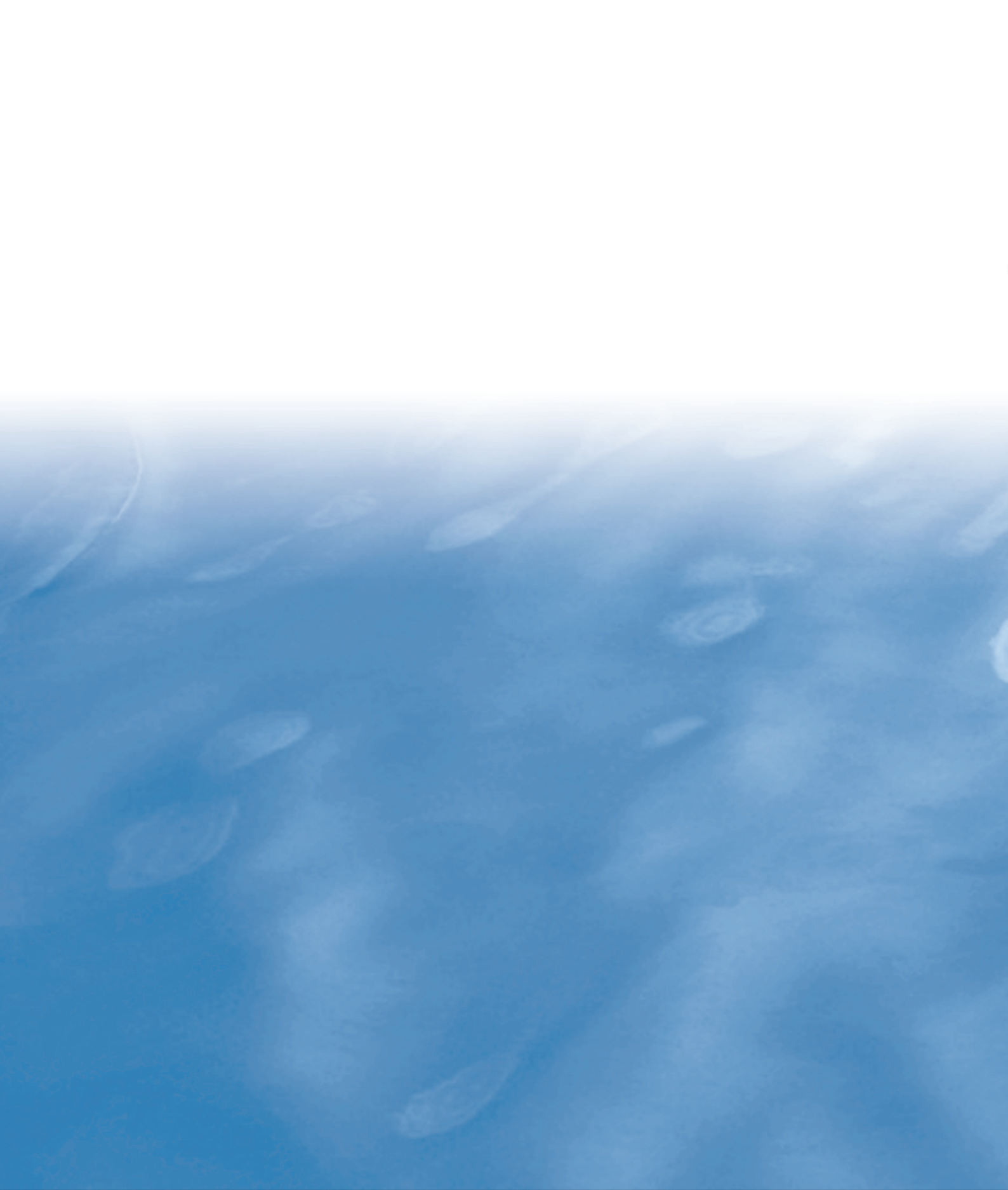
El uso de términos descriptivos en general, citando nombres comerciales o marcas registradas, no significa que se posean derechos sobre los mismos, los cuales están protegidos por las leyes vigentes. Tampoco significa que el editor respalde o promocióne dichas firmas o marcas, sino que simplemente se 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.*



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y CIENCIA