

# Tendencias estacionales y espaciales en la comunidad mesozooplancónica en una serie temporal plurianual en el noroeste del Mar de Alborán, España

Seasonal and spatial trends in the mesozooplankton community at pluriannual temporal series in the NW of the Alborán Sea, Spain

Christiane Sampaio de Souza<sup>1</sup>, Paulo Mafalda Jr.<sup>1</sup>, Soluna Sallés<sup>2</sup>, Teodoro Ramirez<sup>2</sup>, Dolores Cortés<sup>2</sup>, Antônio Garcia<sup>2</sup>, Jesus Mercado<sup>2</sup>, y Manuel Vargas-Yañez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biología, Universidade Federal da Bahia, 40210-020, Salvador, Bahia, Brasil

<sup>2</sup>Centro Oceanográfico de Málaga, Fuengirola, Instituto Español de Oceanografía

Muelle Pesquero s/n, 29640, Fuengirola (Málaga), España

chsampaio@ig.com.br

**Resumen.-** El ciclo anual del mesozooplankton se estudió a lo largo de nueve años, desde 1992 a 2000, en nueve estaciones ubicadas en el noroeste del Mar de Alborán, con el objetivo de discernir patrones estacionales y tendencias interanuales en la biomasa, composición y densidad. Las densidades máximas del zooplankton fueron observadas en verano y otoño, mientras que los mínimos del zooplankton fueron observados en invierno. Los copépodos fueron el grupo más abundante en invierno, primavera y otoño, mientras que en el verano los cladóceros fueron los dominantes seguido por los copépodos. El predominio de cladóceros en verano es básicamente debido a la alta abundancia de *Penillia avirostis*. El estudio de tendencias demostró que la abundancia relativa de copépodos aumentó en el período del estudio, aunque este aumento solamente ha sido significativo en las estaciones occidentales, donde es más elevada la influencia del agua atlántica. A escala interanual, la biomasa y la densidad registraron una tendencia creciente a lo largo del período de muestreo. La diversidad de mesozooplankton mostró una tendencia decreciente. La densidad de Copepoda mostró una disminución con la temperatura mientras que Cladocera mostró una correlación positiva. A pesar de estas variaciones interanuales, las distintas fases del ciclo anual y la presencia de varias especies planctónicas fueron notablemente regulares.

Palabras clave: Zooplankton, biomasa, distribución espacial, tendencias, Mar Mediterráneo

**Abstract.-** The annual cycle of mesozooplankton was studied over nine years from 1992 to 2000 at a nine stations in the NW of the Alborán Sea, with the aim of assessing seasonal patterns and interannual trends in biomass, composition and density. Maximum zooplankton abundances were observed in summer and autumn, while minimum zooplankton abundances were observed in winter. Copepods were the most abundant group in spring, autumn and winter, while in summer cladocerans were the dominant group followed by copepods. The dominance of cladocerans in summer is basically due to the high abundance of *Penillia avirostis*. The study of trends showed that the relative abundance of copepods increased through out the period of study, although this increase only was significant in the eastward stations, where the influence of Atlantic water is higher. At the interannual scale an increasing trend was recorded over the sampling period for biomass and density. The mesozooplankton diversity showed a decreasing trend. The density of copepods decreased while cladocerans showed a positive correlation with temperature. In spite of those interannual variations, the different phases of the annual cycle and the occurrence of several plankton species were remarkably regular.

Key words: Zooplankton, biomass, spatial distribution, trends, Mediterranean Sea

---

## Introducción

La región noroeste del Mar de Alborán presenta gran variabilidad en las condiciones hidrológicas y físico-químicas, debido a la existencia de un giro anticiclónico que se forma con la entrada del “chorro” de agua

atlántica (AA), lo que condiciona la actividad biológica de las comunidades planctónicas (Cano 1977, 1978, Caminas 1985, Prieur *et al.* 1993, Lafuente *et al.* 1998, Sarhan *et al.* 2000). La corriente atlántica penetra por el estrecho de Gibraltar y sigue aproximadamente la geometría del talud continental hasta Punta Calaburras

(Cano & Lafuente 1991). A partir de ahí se desvía hacia el sureste dando lugar a un giro anticiclónico permanente en la zona occidental del Mar de Alborán, y otro menos potente y ocasional ubicado en la cuenca oriental (Tintoré *et al.* 1991, Cano *et al.* 1997). Sin embargo, el agua atlántica sólo afecta el talud, pues en la plataforma, las corrientes locales están regidas por el viento (Cano & Lafuente 1991).

En el sector noroccidental del chorro se producen áreas de divergencia localizadas entre el estrecho de Gibraltar y la bahía de Málaga, relacionados con fenómenos de afloramiento (Cano 1978, Gil 1985, Rubín *et al.* 1992, Sarhan *et al.* 2000). Se han encontrado diferencias en la naturaleza del agua aflorada con surgencias de agua mediterráneas (Ballester & Zavatti 1983) y atlánticas (Gil 1985, Rubín *et al.* 1992). Una estructura frontal de cerca de 200 km de largo es inducida con la entrada de agua atlántica (Priour & Sournia 1994, Lafuente *et al.* 1998). En el referido frente oceánico se han detectado acumulaciones de ictioplancton, fitoplancton y nutrientes (Rubín *et al.* 1992).

El sector noroeste del Mar de Alborán está asociado con valores elevados de biomasa fitoplanctónica (Cortés *et al.* 1985) y zooplanctónica respecto a otras áreas del Mar Mediterráneo (Rodríguez *et al.* 1982, Camiñas 1983, García & Camiñas 1985). Las peculiares condiciones oceanográficas generan un ciclo anual del zooplancton diferenciado de otras áreas próximas (Rodríguez 1983), con comunidades típicas de zonas de afloramiento y de aguas cálidas, con predominancia de formas neríticas (Rodríguez *et al.* 1982) donde Copepoda (Acartiidae, Candaciidae, Centropagidae, Paracalanidae y Pseudocalanidae) y Cladocera constituyen los grupos dominantes (Rodríguez 1983, Seguin *et al.* 1994). Los estudios han proporcionado importantes marcos referenciales pero no reflejan los cambios interanuales y las tendencias en la distribución y abundancia del mesozooplancton.

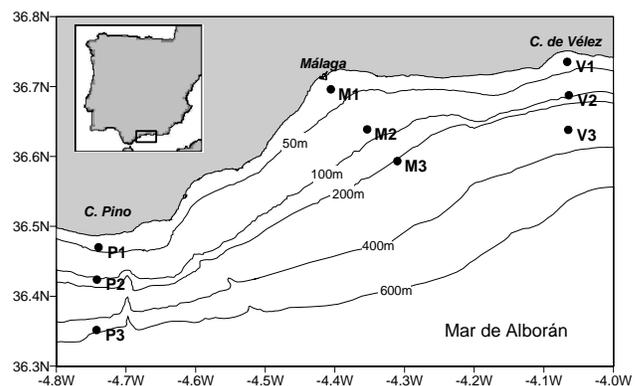
En los últimos años se han intensificado los trabajos con el objetivo de discernir sobre pautas estacionales y tendencias interanuales en comunidades planctónicas del Mar Mediterráneo (Mozetié *et al.* 1998, Licandro & Ibanez 2000, D'Alcalá *et al.* 2004). En parte, los estudios se han desarrollado por sus probables implicaciones con las fluctuaciones climáticas en gran escala (Plank & Taylor 1998, Villate & Valencia 1997, Lisandro & Ibanez 2000). Sin embargo, una limitación importante en la representación de ciclos anuales es la variabilidad interanual notable en los factores ambientales y en las respuestas del plancton. Además, las escalas espaciales y temporales inadecuadas del

muestreo pueden no poder registrar todas las fases de un ciclo anual, o sobrestimar la importancia de acontecimientos excepcionales (D'Alcalá *et al.* 2004).

En ese trabajo, variaciones temporales y espaciales de la biomasa y abundancia del mesozooplancton han sido relacionadas con parámetros hidrológicos, en nueve estaciones fijas ubicadas en el sector noroccidental del Mar de Alborán, que han sido muestreadas por nueve años. Este estudio tiene como objetivo principal discernir sobre pautas estacionales y tendencias interanuales en la comunidad mesozooplanctónica.

## Materiales y métodos

El material de estudio procede de las campañas del proyecto 'EcoMálaga' (Estudio sistemático y continuado de los procesos biológicos y ambientales del litoral sur mediterráneo español) del Instituto Español de Oceanografía, efectuado en el margen continental del sector noroccidental del Mar de Alborán. La zona está delimitada al norte por la costa malagueña. Al oeste por Cabo Pino (4°44' 53W) y al este por la Caleta de Vélez 4°03' 90W. Los muestreos se realizaron desde 1992 a 2000, trimestralmente, en nueve estaciones localizadas en 3 transeptos (P, Cabo Pino; M, Málaga y V, Caleta de Vélez), cuyas profundidades variaron entre 25 y 500 m (Fig. 1). En cada estación de muestreo se efectuaron medidas de temperatura y salinidad en la columna de agua, con una sonda CTD Sea Birds Electronics SBE-25. Los muestreos de mesozooplancton se realizaron con una red bongo de 40 cm de diámetro y mallas de 200 µm de luz. La red fue provista de dos flujómetros General Oceanics 2030 para estimar el volumen de agua



**Figura 1**

**Situación de las estaciones muestreadas y topografía del fondo en el noroeste del Mar de Alborán, España**

Sampling sites and topography in the NW of the Alboran Sea, Spain

filtrada. Los arrastres fueron doble oblicuos, desde la superficie hasta los 100 m, y se realizaron a una velocidad de 2 nudos. De los dos colectores de las redes una muestra fue destinada para la determinación de biomasa, mientras que la otra muestra de plancton se fijó con formol 40% tamponada con bórax para el recuento de organismos y la identificación de los grupos principales del zooplancton. La determinación de biomasa (peso seco) se realizó según el método de Lovegrove (1966). El recuento de organismos se realizó en una placa de recuento Bogorov mediante un microscopio estereoscópico Leica MZ8, a partir de una alícuota de 20% obtenida mediante un submuestreador Folsom. A excepción de Cladocera, cuyos organismos fueron identificados a nivel de especie, los organismos fueron clasificados en grandes grupos según Trégouboff & Rose (1957a,b). Las densidad fueron expresadas en individuos·m<sup>3</sup> y representados en mapas mediante SURFER versión 7 (Keekler 1995). Se presentan regresiones lineales para los datos de biomasa media obtenidos entre 1994 y 2000 y para los resultados de densidad total de mesozooplancton (media) entre 1992 y 1999. Para el análisis de agrupamiento se empleó el coeficiente de distancia euclidiana como medida de la disimilaridad, y el método de Ward como algoritmo de agregación (Pielou 1984).

## Resultados

### Características hidrológicas

Los valores extremos de temperatura, a una profundidad de 10 m, fueron de 14,2 y 21,1°C. Los datos de temperatura mostraron una variación anual, con máximos en verano-otoño y mínimos en invierno y primavera (Tabla 1). Los datos de salinidad a los 10 m de profundidad, oscilaron entre 36,5 y 37,5. Las variaciones de salinidad medias también siguieron un patrón estacional pero opuesto al de la temperatura, con valores más elevados en primavera y más bajos en otoño (Tabla 1).

Durante el período de primavera-verano se observó estratificación en la columna de agua, localizándose la termoclina entre 25 y 50 m. Sin embargo, en la época de otoño-invierno, la columna de agua se hallaba mezclada. Las zonas de afloramientos estuvieron localizadas en la bahía de Málaga y en el radial de Cabo Pino. Estos eventos estuvieron asociados a vientos de ponientes que al empujar el agua de la costa hacia mar abierto dan lugar a una desigualdad en el nivel del mar, que es compensada con el aporte de aguas profundas, más frías y ricas en nutrientes. La masa de agua atlántica (AA), que penetra por el estrecho de Gibraltar, se extiende por el Mar de Alborán encima del agua intermedia mediterránea (AIM). La mayor uniformidad espacial de temperatura y salinidad se dio en el otoño cuando hay una mayor entrada de agua atlántica, mientras que en primavera, el agua atlántica está modificada por mezcla con agua mediterránea.

## Mesozooplancton

### Biomasa

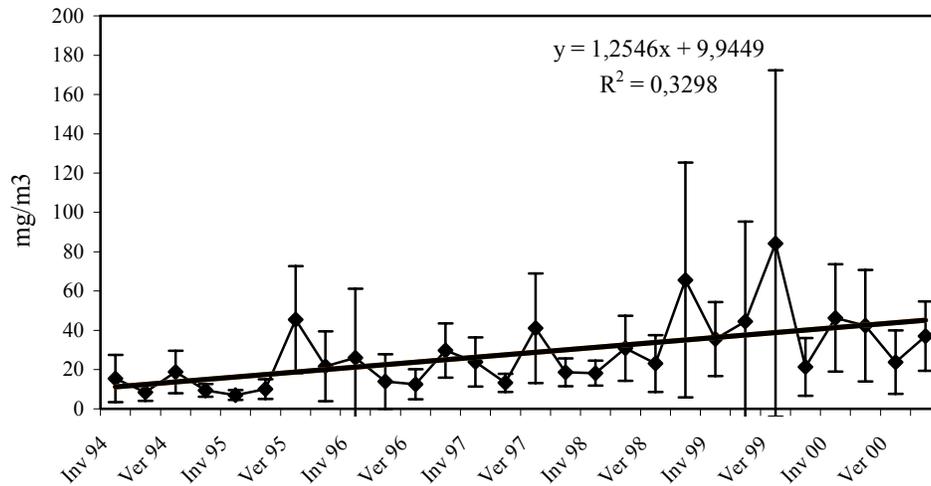
Entre 1994 y 2002 se observó una tendencia positiva y significativa ( $P < 0,005$ ) de incremento de la biomasa del mesozooplancton (Fig. 2). La estimativa de peso seco (PS) también mostró variación temporal significativas ( $P < 0,005$ ), con picos en invierno y otoño (Tabla 1). También se encontraron diferencias significativas entre las distintas estaciones ( $P < 0,05$ ). La biomasa fue mayor en las estaciones costeras respecto de las oceánicas. La estación costera V1 mostró la concentración media de biomasa más alta, mientras que el valor más bajo se registró en la estación P3. A medida que nos alejamos de la costa, el número de individuos fue menor para un mismo valor de biomasa, o lo que es lo mismo, que los individuos ubicados en zonas costeras fueron más pequeños que los encontrados en estaciones neríticas y oceánicas.

Tabla 1

Promedio ( $\bar{x}$ ) y desviación estándar ( $s$ ) para temperatura (10 m), salinidad (10 m) y biomasa de mesozooplancton (peso seco) durante el período 1994 - 2000. P, primavera; V, verano; O, otoño y I, invierno

Mean ( $\bar{x}$ ) and standard deviation ( $s$ ) of temperature (10 m), salinity (10 m) and mesozooplankton biomass (dry weight) between 1994 - 2000. P, spring; V, summer; O, autumn and I, winter

	P		V		O		I	
	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$	$\bar{x}$	$s$
Temperatura (°C)	15,7	0,98	19,5	1,47	18,2	2,51	14,9	0,44
Salinidad	37,2	0,20	36,9	0,08	36,7	0,15	37,0	0,08
Biomasa (mg/m <sup>3</sup> )	24,6	13,1	23,3	15,6	35,5	24,5	29,1	18,3



**Figura 2**

**Evolución temporal de la biomasa media ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) del mesozooplankton durante el periodo 1994-2000**

Temporal evolution of average mesozooplankton biomass ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) between 1994 – 2000

**Tabla 2**

**Densidad media ( $\text{org}/\text{m}^3$ ) de los taxa más abundantes en el mesozooplankton empleados en el análisis de agrupamiento durante el período 1994 - 2000**

Average density ( $\text{org}/\text{m}^3$ ) of most abundant mesozooplankton taxa employed at the cluster analysis between 1994 - 2000

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Copépodos	765,97	977,19	1266,56	589,19
Quetognatos	6,55	26,66	28,59	13,94
Sifonóforos	7,56	21,98	10,12	14,80
<i>Penilia avirostris</i>	11,64	604,99	436,88	23,54
<i>Evadne tergestina</i>	0,44	17,51	7,12	4,96
<i>Evadne spinifera</i>	5,14	32,96	52,22	25,19
<i>Evadne nordmanni</i>	2,12	23,69	2,12	42,24
<i>Podon</i> spp.	13,73	539,20	424,55	66,10
Apendicularias	62,68	114,63	99,14	122,09
Doliólidos	7,30	54,47	14,41	20,48
Ostrácodos	5,38	6,34	7,57	6,93

### Composición taxonómica y abundancia

De un total de 252 muestras analizadas entre 1994 y 2000, los copépodos fueron el grupo dominante seguido por los cladóceros (*Penilia avirostris*, *Evadne tergestina*, *E. spinifera*, *E. nordmanni* y *Podon*) y luego las apendicularias. El resto de los individuos como: foraminíferos, hidromedusas, ctenóforos poliquetos, gasterópodos, anfípodos, misidáceos, eufausiáceos y decápodos, fueron menos representativos, con abundancias entre 1 y 6%. Los principales grupos

tuvieron variaciones en función de la época del año (Tabla 2). Los copépodos fueron el grupo con mayores densidades en invierno, primavera y otoño; mientras que los cladóceros dominaron en verano (Fig. 3).

El tercer grupo en densidad lo constituyeron las apendicularias (*Oikopleura*), que tuvieron mayor importancia en verano o invierno. La dominancia estival de los cladóceros se debe fundamentalmente a la abundancia de *Penilia avirostris* y de especies del género *Podon*.

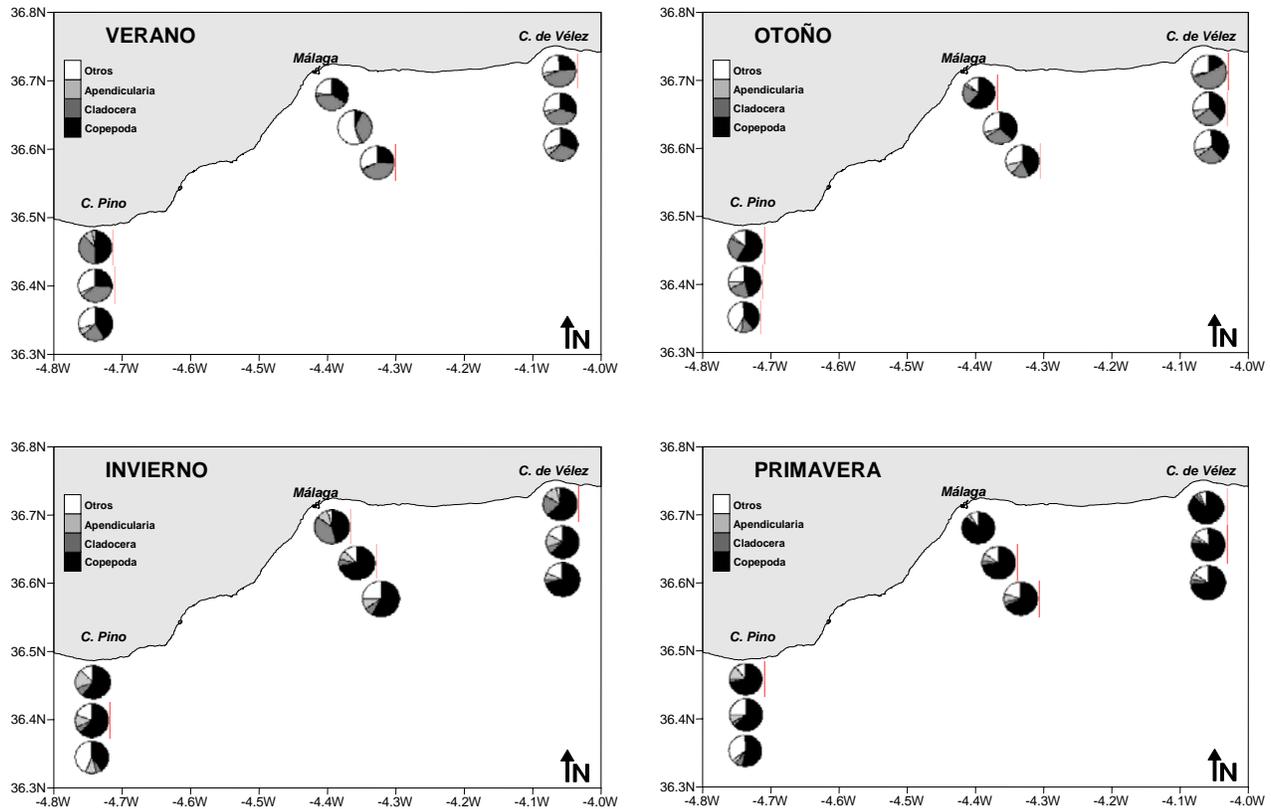


Figura 3

**Distribución espacial y temporal de la abundancia relativa del mesozooplankton en el Mar de Alborán durante el periodo 1994 - 2000**

Spatial and temporal distribution of relative abundance of mesozooplankton in the Alborán Sea between 1994 - 2000

Los resultados obtenidos muestran un aumento de la abundancia relativa de los copépodos, con respecto a otros grupos planctónicos. No obstante este aumento sólo fue significativo en las estaciones P1, P2 y V3 ( $P < 0,05$ ). En algunas estaciones, la abundancia relativa de los grupos principales del zooplankton demostró una correlación significativa con la temperatura del agua de mar. Los copépodos mostraron una disminución con la temperatura, en la estación P1, mientras que los cladóceros mostraron una correlación positiva en todas las estaciones.

**Variación espacial y temporal**

Entre 1992 y 1999 no se observaron cambios en la composición pero sí una tendencia de aumento en la densidad total (Fig. 4), aunque no significativa ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, esta tendencia viene a confirmar el incremento registrado para la biomasa del zooplankton. La densidad media total también mostró una variación temporal en la que los máximos tuvieron lugar en verano-otoño (Fig. 5). Las abundancias mínimas se observaron en invierno-primavera. Este

aumento estival de densidad es debido al aumento del cladóceros *Penilia avirostris*.

La densidad tuvo una diferencia significativa ( $P < 0,0005$ ) entre las estaciones costeras P1, M1 y V1, con respecto a las estaciones neríticas y oceánicas de los respectivos transeptos (Fig. 5). Además, la estación P1 (occidental) tuvo un valor significativamente menor que las estaciones costeras M1 y V1 (oriental). El agrupamiento “costero”, formado por las estaciones P1, M1 y V1 (Fig. 6), es consecuencia de la mayor abundancia de zooplankton con respecto a las estaciones del agrupamiento “nerítico-oceánico” (V2, M2, P3, V3, M3, y P2).

Por tanto, se observaron dos gradientes de densidad, uno costero-nerítico-oceánico, donde la zona costera presenta mayor densidad, y otro este-oeste, donde la zona oriental del área estudiada tuvo una concentración de zooplankton mayor que la zona occidental (Fig. 5). El gradiente costero-nerítico-oceánico se puede ver en el dendrograma de las estaciones (Fig. 6).

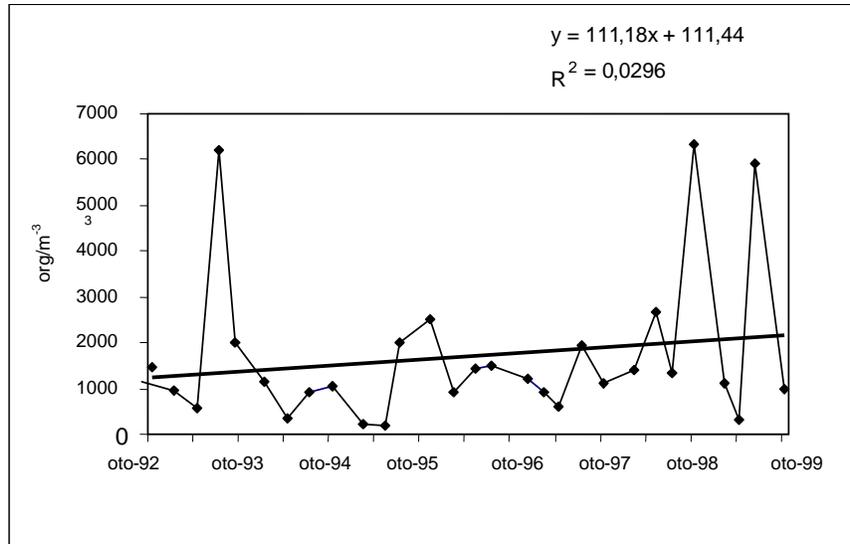


Figura 4

**Evolución temporal de la densidad media (org/m<sup>3</sup>) de mesozooplankton del Mar de Alborán, durante el período 1994-2000**

Temporal evolution of average density (org/m<sup>3</sup>) of mesozooplankton in the Alboran Sea, between 1994 – 2000

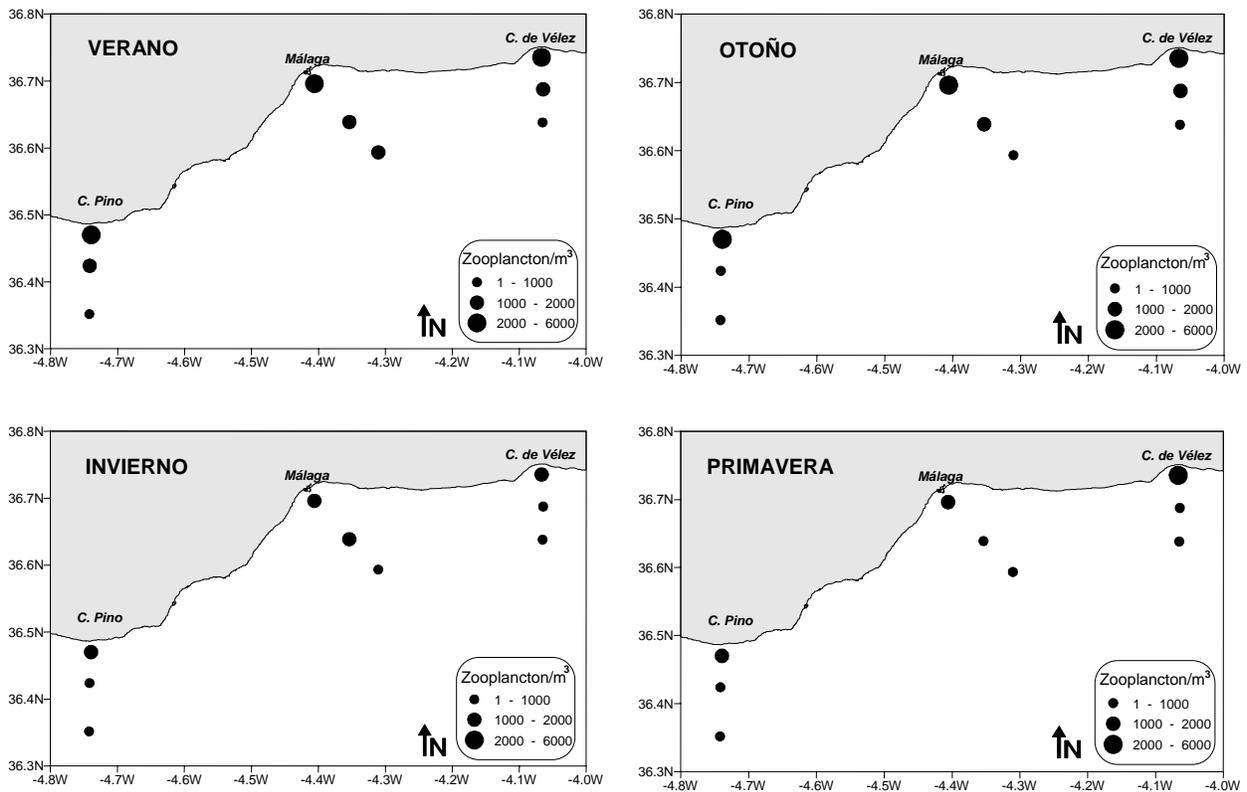
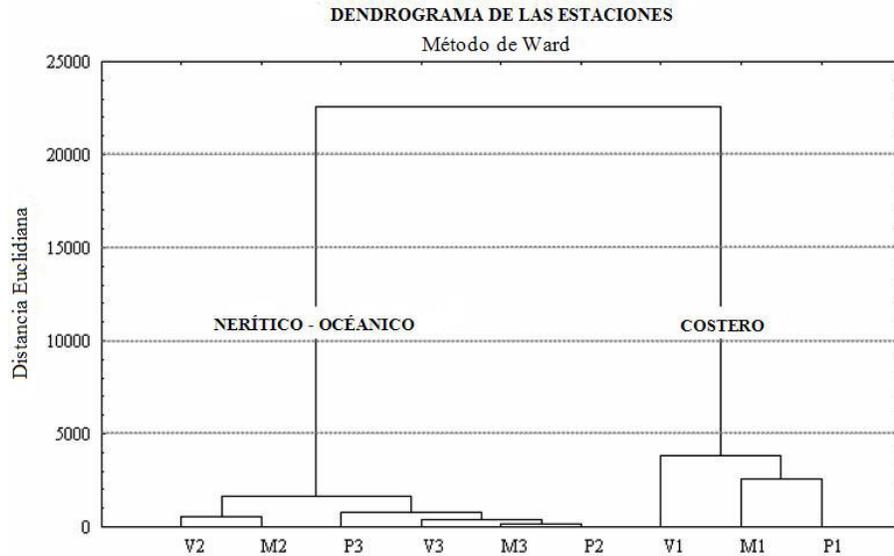


Figura 5

**Distribución espacial y temporal de la densidad media (org/m<sup>3</sup>) de mesozooplankton en el Mar de Alborán durante el período 1994 – 2000**

Spatial and temporal distribution of average density (org/m<sup>3</sup>) mesozooplankton in the Alborán Sea between 1994 and 2000



**Dendrograma de las estaciones de muestreo en el Mar de Alborán durante el período 1994 - 2000**

Dendrogram of sampling sites in the Alboran Sea between 1994 and 2000

## Discusión

Las variables temperatura y salinidad tienen una variación anual condicionada por los cambios estacionales. En cuanto a la temperatura, el área estudiada presenta bastante homogeneidad, dado que las desviaciones de las medias por campañas son bajas, y se aprecian claramente las diferencias entre las estaciones anuales. La salinidad, por el contrario, sí presenta importantes desviaciones entre los puntos de muestreo, lo que probablemente refleja la diferencia del tipo de agua encontrada en la parte occidental y oriental de la bahía de Málaga. Según Cano (1977), la bahía de Málaga marca una línea divisoria entre dos tipos de agua, al este, agua más mediterránea y al oeste, agua de influencia atlántica.

La densidad de zooplankton parece estar determinada por las características hidrológicas de la zona. Así, la zona de Cabo Pino influenciada por el chorro atlántico tiene una menor densidad de zooplankton, mientras que las zonas de bahía de Málaga y caleta de Vélez, con aguas más mediterráneas y mayores aporte costeros, muestran mayor concentración de individuos zooplanktónicos. Cabe destacar también que dentro del área estudiada se sitúan dos zonas de afloramiento costero, ocasionado sobre todo por influencia del chorro y por la acción de los vientos de poniente (Rodríguez 1979). Estos afloramientos se sitúan en la bahía de Málaga y en la zona de Estepona-Calaburras, donde los

valores de nitrato superan los 3  $\mu\text{m/L}$  (Rubín *et al.* 1992).

La composición del zooplankton refleja una dominancia de copépodos y de cladóceros, quedando en tercer lugar el plancton gelatinoso (apendicularias, doliólidos y sifonóforos). Estudios previos realizados en el Mar de Alborán indican que Copepoda y Cladocera constituyen los grupos dominantes (Rodríguez 1979, 1983, Seguin *et al.* 1994). Sin embargo, en el área oceánica del canal de Mallorca, los copépodos, seguidos por las apendicularias, fueron los grupos dominantes (Fernández de Puelles *et al.* 2004). Se observó una clara estacionalidad en la composición del zooplankton, con predominio de copépodos en invierno, primavera y otoño, y de cladóceros en verano. El incremento de la concentración de este último grupo, que pasa de un 3% en primavera a un 45% en verano, se debe principalmente a la proliferación de individuos de *Penilia avirostris* y de *Podon* sp., desplazando a los copépodos a un segundo lugar. Así que se puede considerar a *P. avirostris* como una especie indicadora de las aguas más calientes presentes en el verano. La abundancia de los cladóceros se prolonga también durante el otoño, cuando ya empieza a observarse una recuperación de los copépodos. Ambos grupos, por tanto, se alternan el dominio de la comunidad zooplanktónica en las distintas épocas del año. La importancia de los cladóceros en el verano es un patrón típico para regiones neríticas del Mediterráneo por su rápido desarrollo partenogenético (Della Croce &

Bettain 1965, Thiriot 1972, Siokou-Frangou 1996, Egloff *et al.* 1997, Calbert *et al.* 2001, D'Alcalá *et al.* 2004).

Además de las variaciones espaciales este-oeste, es importante destacar la influencia de la zona costera en la productividad zooplanctónica. Tanto el número total de individuos/m<sup>3</sup>, como el grupo de copépodos, muestran un gradiente negativo costa-océano, el cual está motivado, sin duda, por la disminución del aporte de nutrientes. Esta diferencia costa-océano se ve también reflejada en la biomasa y en la proporción individuos totales-biomasa. La relación entre estos dos parámetros, da lugar a una pendiente (organismos totales/peso seco) que varía entre las estaciones costeras y las nerítico-oceánicas de cada una de las radiales. Así, los radiales de bahía de Málaga y caleta de Vélez, el número de individuos necesario para obtener un mismo valor de biomasa es menor en aguas abiertas que en la costa, lo que se traduce en una diferencia de tamaño. Las zonas costeras más productivas y con individuos de menor tamaño, pueden postularse como exportadoras de zooplancton hacia agua neríticas y oceánicas, que registran una abundancia menor y un mayor tamaño de los individuos. Algo similar encuentra Seguin *et al.* (1994) entre dos zonas de distinta producción ubicadas en el frente Almería-Orán.

Los datos obtenidos durante el período estudiado reflejan una variación periódica, con ciclos aproximados de un año tanto para la biomasa como para la densidad de zooplancton. En ambos casos, a partir de enero de 1994, se observa una tendencia positiva, con una tasa de incremento anual de 4,31 mg PS/m<sup>3</sup> y 216 org/m<sup>3</sup>. Trabajos realizados en la bahía de Vizcaya encuentran que el incremento de copépodos entre 1988-1990, está relacionado con un aumento de la temperatura y la salinidad, atribuidos al cambio climático (Villate & Valencia 1997). Una tendencia de aumento de la temperatura, entre 1992 y 2002, ha sido verificada en la plataforma continental de la bahía de Málaga (Vargas-Yáñez *et al.* 2002). Sin embargo, en nuestro caso no se encontró una correlación significativa entre el aumento de densidad de copépodos y los parámetros hidrológicos (temperatura y salinidad). La densidad de cladóceros sí mostró una correlación positiva significativa con la temperatura del agua de mar.

El análisis de una serie temporal plurianual de datos permitió la reconstrucción de un cuadro consistente del ciclo estacional del mesozooplancton para el noroeste del Mar de Alborán. A pesar de las variaciones interanuales, las distintas fases del ciclo anual y la presencia de varias especies planctónicas fueron

notablemente regulares. Estos resultados confirman la relevancia de las series temporales de datos en regiones costeras, para detectar regularidades y tendencias que reflejan procesos en larga escala (D'Alcalá *et al.* 2004). Análisis posteriores están en curso con el mismo conjunto de datos y complementado con nuevos muestreos llevados a cabo en los últimos años.

## Agradecimientos

Los autores expresan gratitud a todos los participantes de las campañas 'ECOMÁLAGA' y a la CAPES (Ministério da Educação, Brasil) por la concesión de una beca de estancia postdoctoral (Ref.: BEX: 0762-03-2) en el Centro Oceanográfico de Málaga-Fuengirola, Instituto Español de Oceanografía (IEO).

## Literatura citada

- Ballester A & J Zavatti. 1983.** Aspectos químicos del afloramiento de Alborán. En: Resultados del Proyecto 793020 del Comité Hispano-Norteamericano. Seminario Interdisciplinar, Cádiz, pp. 334-355.
- Calbert A, E Garrido, M Saiz, M Alcaraz & CM Duarte. 2001.** Annual zooplankton succession in coastal NW Mediterranean waters: the importance of the smaller size fractions. *Journal of Plankton Research* 23: 319-331.
- Camiñas JA. 1983.** Datos preliminares sobre la biomasa zooplanctónica en el sector suroccidental del Mar de Alborán. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 1(1): 1-18.
- Camiñas JA. 1985.** Quetognatos del mar de Alborán (Resultados de la campaña Málaga 775). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 2 (1): 77-87.
- Cano N. 1977.** Resultados de la campaña Alborán 73. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 1: 103-176.
- Cano N. 1978.** Resultados de la campaña Alborán 76. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 2: 3-50.
- Cano N & JG Lafuente. 1991.** Corrientes en el litoral malagueño. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 7(2): 59-77.
- Cano N, JG Lafuente, A Hernández-Guerra, JM Blanco & J Escánez. 1997.** Hidrología del Mar de Alborán en julio de 1993. En: Rubín JP (ed). La influencia de los procesos fisicoquímicos y biológicos en la composición y distribución del ictioplancton estival en el Mar de Alborán y Estrecho de Gibraltar, Instituto Español de Oceanografía, Publicaciones Especiales 24: 9-26.

- Cortes D, J Gil & A Garcia. 1985.** General distribution of chlorophyll, temperature and salinity in the northwest sector of the Alboran sea (August, 1982). Rapport Commission Institute Mer Méditerranéenne, 29(9): 135-136
- D'Alcalà MR, F Conversano, F Corato, P Licandro, O Mangoni, D Marino, MG Mazzocchi, M Modigh, M Montresor, M Nardella, V Saggiomo, D Sarno & A Zingone. 2004.** Seasonal patterns in plankton communities in a pluriannual time series at a costal Mediterranean site (Gulf of Naples): an attempt to discern recurrences and trends. *Scientia Marina* 68 (1): 65-83.
- Della Croce N & S Bettanin. 1965.** Osservazioni sul ciclo biologico di *Penilia avirostris* Dana del Golfo di Napoli. Bollettino del Museo dell'Istituto di Biologia dell'Università di Genova 33: 49-68.
- Egloff DA, PW Fofonoff & T Onbè. 1997.** Reproductive biology of marine cladocerans. *Advances in Marine Biology* 31: 79-167.
- Fernández de Puelles ML, J Valencia, J Jansá & A Morillas. 2004.** Hydrographical characteristics and zooplankton distribution in the Mallorca channel (Western Mediterranean): spring 2001. *ICES, Journal of Marine Science* 61: 654-666.
- García A & JA Camiñas. 1985.** Costal variability of zooplankton biomass in the Northwestern sector of Alboran Sea. Rapport Commission Institute Mer Méditerranéenne 29(8): 135-136.
- Gil J. 1985.** Consideraciones acerca de un fenómeno de afloramiento de la zona noroccidental del Mar de Alborán. Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía 35. 40 pp.
- Keekler D. 1995.** SURFER for Windows. Version 6. User's Guide.
- Lafuente JG, N Cano, M Vargas, JP Rubín & A Hernández-Guerra. 1998.** Evolution of the Alboran Sea hydrographic structures during July 1993. *Deep-Sea Research I* 45: 39-65.
- Licandro P & F Ibanez. 2000.** Changes of zooplankton communities in the Gulf of Tigullio (Liguria Sea, Western Mediterranean) from 1985 to 1995. Influence of hydrodynamic factors. *Journal of Plankton Research* 22: 2225-2253.
- Lovegrove T. 1966.** The determination of the dry weight of plankton and the effect of various factors on the values obtained. En: Barnes H (ed). *Some contemporary studies in Marine Science*, George Allen & Undwing Ltd. Pp. 429-467.
- Mozetié P, S Fonda Umani, B Cataletto & A Malej. 1998.** Seasonal and inter-annual plankton variability in the Gulf of Trieste (northern Adriatic). *ICES Journal of Marine Science* 55: 711-722.
- Pielou EC. 1984.** *The Interpretation of Ecological Data: a Primer on Classification and Ordination*, Wiley, Nueva York, 263 pp.
- Planque B & AH Taylor. 1998.** Long-term changes in zooplankton and the climate of the north Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 55: 644-654.
- Prieur L & A Sournia. 1994.** Almofront 1: An interdisciplinary study of the Almeria-Oran geostrophic front, SW Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems* 5: 187-204.
- Prieur L, C Copin-Montaignut & H Claustre. 1993.** Biophysical aspects of 'Almofront', an intensive study of a geostrophic frontal jet. *Annales de l'Institut Oceanographique, Paris*. 69 (2): 71-86.
- Rodríguez J. 1979.** Zooplankton de la Bahía de Málaga: Aproximación al conocimiento de una comunidad planctónica nerítica en el Mar de Alborán. Tesis Doctoral, Universidad de Málaga, 147 pp.
- Rodríguez J. 1983.** Estudio de una comunidad planctónica nerítica en el Mar de Alborán. Ciclo del zooplankton. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 1(1): 19-44.
- Rodríguez J, A García & V Rodríguez. 1982.** Zooplanktonic communities of the divergence zone in the Northwestern Alboran Sea. *Marine Ecology* 3: 133-142.
- Rubín JP, J Gil, J Ruiz, MD Cortés, F Jiménez-Gómez, M Parada & J Rodríguez. 1992.** La distribución ictioplanctónica y su relación con parámetros físicos, químicos y biológicos en el sector norte del Mar de Alborán, en julio de 1991 (Resultados de la campaña "Ictio. Alborán 0791". Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía, 139 pp.
- Sarhan T, J García Lafuente, M Vargas, JM Vargas & F Plaza. 2000.** Upwelling mechanisms in the Northwestern Alboran Sea. *Journal of Marine Systems* 23: 317-331.
- Seguin G, A Errhif & S Dallot. 1994.** Diversity and structure of pelagic copepod populations in the frontal zone of the eastern Alboran sea. *Hydrobiologia* 292/293: 369-377.
- Siokou-Frangou I. 1996.** Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area. *Journal of Plankton Research* 18: 203-223.

**Thiriot A. 1972.** Les cladocères de Méditerranée Occidentale. III. – Cycle et répartition à Bahyuls-sur-Mer (Golfe de Lion). Synthèse des années 1965-1969. *Vie Milieu*, 23: 243-295.

**Tintoré J, D Gomis, S Alonso & G Parrilla. 1991.** Mesoscale dynamics and vertical motion in the Alboran Sea. *Journal of Physical Oceanography* 21(6): 811-823.

**Trégouboff G & M Rose. 1957a.** Manuel de Planctonologie méditerranéenne, tomo I, 587 pp. CNRS, Paris.

**Trégouboff G & M Rose. 1957b.** Manuel de Planctonologie méditerranéenne, tomo II, 207 pp. CNRS, Paris.

**Vargas-Yáñez M, T Ramírez, D Cortés & M Sebastián. 2002.** Warming trends in the continental shelf of Málaga bay ( Alborán Sea). *Geophysical Research Letters* 29(22): 39.

**Villate F & V Valencia. 1997.** Mesozooplankton community indicates climate changes in a shelf area of the Bay of Biscay throughout 1988 to 1990. *Journal of Plankton Research* 19(11): 1617-1636.

*Recibido en noviembre de 2004 y aceptado en abril de 2005*