

# VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LAS POBLACIONES DE CRUSTÁCEOS, LARVAS DE POLIQUETOS Y PROTOZOOS DE LA LAGUNA MEROMÍCTICA ESTANY DE CULLERA (VALENCIA)

Rafael Oltra<sup>1</sup> y Maria Rosa Miracle<sup>2</sup>

Departament de Microbiologia i Ecologia, Facultat de Ciències Biològiques, Universitat de València, Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot (Valencia). <sup>1</sup>e-mail: rafael.oltra@uv.es, <sup>2</sup>rosa.miracle@uv.es

## RESUMEN

En el plancton del Estany de Cullera se han reconocido 12 especies de copépodos y 6 cladóceros y además han aparecido ostrácodos, larvas, cirripodos de poliqueto, nemátodos y protozoos. En época estival las especies más importantes eran el copépodo *Acanthocyclops robustus* y el cladocero *Moina micrura*. Ambas se distribuían entre la superficie y la haloclina. En otoño el copépodo dominante era *Calanipeda aquae-dulcis*, que se situaba en las capas de la haloclina. También eran abundantes en la haloclina las larvas del poliqueto *Ficopotamus enigmaticus* y los ciliados *Euplotes* sp. En invierno la densidad planctónica disminuía notablemente y, coincidiendo con la mayor influencia marina, aparecían copépodos marinos como *Acartia clausi*, *Acartia grani* y *Oithona nana*. En primavera la especie característica era *Metacyclops minutus* que se situaba en las capas superficiales, mientras que en la haloclina volvían a aparecer en densidades importantes *F. enigmaticus* y *Euplotes* sp. Las mayores densidades se dieron en verano y otoño y las menores en invierno. Copépodos y cladóceros alcanzaron densidades máximas de  $227 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> y  $30 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> en verano y otoño, respectivamente. Estas densidades equivalen a biomasa de 4.2 y 1.2 g/m<sup>3</sup> (peso fresco). Protozoos y poliquetos llegaron a densidades de  $631 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> y  $90 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> en otoño. Su contribución a la biomasa fue inferior a la de los crustáceos, alcanzando la cifra máxima de 39 mg/m<sup>3</sup> en el caso de los protozoos y 876 mg/m<sup>3</sup> en los poliquetos.

Palabras clave: salinidad, haloclina, distribución espacio-temporal, densidad, biomasa, copépodos, cladóceros, poliquetos, ciliados.

## ABSTRACT

Among the plankton found in the Estany de Cullera lagoon were 12 species of copepods and 6 cladocerans. There were also identified ostracoda, cirripeda, polychaete larvae, nematodes and protozoans. In Summer, the main species were the copepod *Acanthocyclops robustus* and the cladoceran *Moina micrura*. Both were present mainly between the surface and the halocline. In Autumn, the main copepod was *Calanipeda aquae-dulcis*, which was found in the layers of the halocline. The larvae of the polychaete *Ficopotamus enigmaticus* and the ciliates *Euplotes* sp. were also common in the halocline. In Winter, the density of plankton decreased notably. Marine copepods such as *Acartia clausi*, *Acartia grani* and *Oithona nana* then appeared, coinciding with the greatest marine influence. In Spring, the characteristic species was *Metacyclops minutus*, which was found in the top layers, whereas in the halocline, *F. enigmaticus* and *Euplotes* sp. reappeared in important numbers. Peak abundance occurred in Summer and Autumn and the lowest numbers in Winter. Copepods and cladocerans reached maximum densities of  $227 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> and  $30 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> in Summer and Autumn, respectively. These densities are the equivalent of 4.2 and 1.2 g/m<sup>3</sup> biomass (fresh weight). Protozoans and polychaetes reached densities of  $631 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> and  $90 \cdot 10^3$  ind/m<sup>3</sup> in Autumn. Their contribution to biomass was less than that of crustaceans, reaching maxima of 39 mg/m<sup>3</sup> for the protozoa and 876 mg/m<sup>3</sup> for the polychaetes.

Key words: salinity, halocline, spatio-temporal distribution, density, biomass, copepods, cladocerans, polychaetes, ciliates.

## INTRODUCCIÓN

Las lagunas litorales, que presentan condiciones fluctuantes con claros periodos de influencia marina alternando con otros de influencia continental y que además se estructuran verticalmente y horizontalmente, formando en muchos casos claras interfases con gradientes de temperatura, salinidad y oxígeno muy importantes, pueden ilustrar de manera simple los patrones distribucionales del zooplancton y en particular de los crustáceos. Los crustáceos son los componentes de mayor tamaño y longevidad del zooplancton de agua dulce y constituyen normalmente la mayor proporción de su biomasa. Si bien los cladóceros tienen sucesiones estacionales marcadas, la distribución de los copépodos es más difícil de interpretar por su ciclo de vida largo y complejo y por su mayor interiorización de la fluctuación estacional. En cambio se pueden ver patrones claros en las lagunas litorales. Las distribuciones en las lagunas en las que domina un ciclo anual continental con una fauna de agua dulce no están todavía sistematizadas, ya que aunque hay numerosos datos dispersos de recolecciones o listas faunísticas, existen pocas contribuciones que describan ciclos anuales o distribuciones en gradientes espaciales determinados. En lagunas de este tipo del Mediterráneo occidental existen ejemplos de ciclos anuales de microcrustáceos en la Camarga (Champeau, 1970), la Albufera de Menorca (Pretus, 1989), las lagunas del Delta del Ebro (Forés *et al.*, 1986; Menéndez & Comin, 1986), en el Parque Nacional Albufera de Valencia (Oltra & Miracle, 1992; Alfonso & Miracle, 1990, 1996) y las Albuferas de Adra (Carrillo *et al.*, 1987). Sin embargo en ninguna de estas lagunas la influencia marina lleva a la formación de una destacada cuña de agua salada en el fondo, como ocurría en el Estany de Cullera a principios de la década de los 80, cuando todavía tenía una barra bien formada que la separaba del mar (Miracle & Vicente, 1985, Oltra & Miracle a, este volumen). En este trabajo se describe la dinámica de las poblaciones principalmente de crustáceos en la laguna de Cullera en aquella época. Se hace luego un estudio de los otros gru-

pos que ocurren en el zooplancton, como son las larvas de poliqueto y protozoos y luego se estudian las proporciones de los diferentes grupos incluyendo el total de rotíferos. La descripción detallada de las distribuciones de las distintas especies de rotíferos se recoge en Oltra y Miracle (2000a) publicado en este mismo volumen. En esta laguna, al igual que en otras lagunas con variable influencia marina (Menkdez & Comin, 1986; Pretus *et al.*, 1992), la entrada periódica de agua de mar hacia que en el plancton estuvieran presentes especies eurihalinas de procedencia continental y especies marinas, siendo uno de los objetivos principales del presente trabajo el estudio del condicionamiento de las distribuciones de estas especies al gradiente de salinidad. Este estudio, junto con el realizado simultáneamente sobre los rotíferos (Oltra y Miracle, 2000a) y el basado en la elaboración conjunta de los datos (Oltra y Miracle, 2000b) pretende dar una visión del zooplancton de esta laguna cuando todavía conservaba su condición meromictica original. La laguna desapareció como tal al final de la década de los años ochenta debido a obras de ampliación en el canal que la comunicaba con el mar y quedó transformada en un estuario.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Una descripción del Estany de Cullera puede verse en Oltra & Miracle (2000a), en este volumen y en otros trabajos (Miracle & Vicente, 1983; Rojo & Miracle, 1984, 1989, Rojo *et al.*, 1986) sobre el fitoplancton, producción primaria y bacterias fotosintéticas derivados de las muestras y datos recogidos simultáneamente en las mismas campañas de muestreo del presente estudio. En la laguna, de aproximadamente 2000 m y anchura máxima de 150 m, se establecieron 3 estaciones de muestreo: (1) cerca del canal que la comunicaba con el mar, con una profundidad de 4.5 m; (2) en la parte central, con una profundidad de 7.5 m; (3), cerca del extremo interior, con una profundidad de 3.5 m. La cuña de agua salada del fondo afectaba más a las estaciones 1 y 2 que a la 3. La haloclina se aproximaba a 1 m de la superficie en los meses finos,

debido a la mayor entrada de agua de mar, y descendía hasta 3.5 m en los meses cálidos en los que predominaba la influencia continental y el lavado ejercido por el agua oligohalina superficial. Las condiciones anóxicas del fondo desaparecían temporalmente en los meses fríos en la estación 1, pero no así en la estación 2 en la que la oxiclina siempre estuvo presente entre 3.5 m (verano) y 4.5 m de profundidad (invierno). En la estación 3 se daban condiciones anoxicas solo ocasionalmente al final del periodo estival (Oltra, 1993; Oltra & Miracle, 2000a).

En el periodo de estudio, que comprendió desde agosto de 1980 hasta octubre de 1981, se realizaron 9 muestreos en los que se tomaron muestras en el perfil vertical en las tres estaciones de muestreo. En la estación 2 además se efectuaron muestreos a diferentes horas del ciclo diario y se realizaron tres muestreos adicionales durante julio-octubre de 1982. Las muestras fueron recogidas con una doble botella Van Dorn de 8 l de capacidad o con una botella Ruttner de 2.6 l de capacidad, filtrando 7.8, 8.0 o 10.4 l de agua *in situ* con mallas nylal de 45  $\mu\text{m}$  y se fijaban con formalina al 4 %. Las especies zooplanctónicas fueron recontadas con la ayuda de microscopios invertidos a 100 y 200 aumentos. Se utilizaron las monografías de Dussart (1967, 1969), Kiefer (1978) para la identificación de copépodos, las de Flossner (1972), Alonso (1985), para la identificación de cladóceros, las de Kudo (1976), Corliss (1979), Curds (1982) para la identificación de protozoos y la de Bianchi (1981) para la identificación de poliquetos.

El número medio de individuos por unidad de volumen en la columna de agua, se calculó de la forma descrita en Oltra y Miracle (2000a). La biomasa (peso fresco) se calculó a partir del biovolumen y considerando que la densidad del zooplankton es 1. Se ha aplicado las expresiones de Edmonson (1971) para el cálculo de biovolumen de copépodos y cladóceros, se ha considerado a las larvas del poliqueto *Ficopotamus enigmaticus* como cilindros para el mismo cálculo y se han aplicado las expresiones de Ruttner-Kolisko (1977):  $v=0.02a^3$  (medio cono) para el cálculo del biovolumen de los tintinidos y  $v=0.08a^3$  (cilindro

bajo) para el cálculo del biovolumen de los restantes protozoos.

## RESULTADOS

En el plancton del Estany se han reconocido 12 especies de copépodos, 6 de cladóceros, una de larva de poliqueto y, además, ostrácodos, nauplios de cirrípedos, nemátodos y cuatro taxones de protozoos. En la Tabla 1 se enumeran y se indica el valor de algunos parámetros ambientales para estas especies durante su periodo de aparición o en el momento de máxima abundancia. Las especies más frecuentes y abundantes han sido los copépodos *Calanipeda aquae-dulcis*, *Acanthocyclops robustus*, *Metacyclops minutus*, el cladóceros *Moina micruru*, larvas del poliqueto *Ficopotamus enigmaticus* y ciliados del género *Euplotes*.

### Copépodos

- *Calanipeda aquae-dulcis* fue una de las pocas especies perennes en el plancton. A lo largo del ciclo anual se encontró con mayor abundancia (310 ind/l) en otoño y verano y más en las estaciones 1 y 2 que en la 3 (Fig. 1). Se ha encontrado a conductividades desde 1.1 hasta 52.7 mS/cm y temperaturas de 8 a 30°C, lo cual confirma el carácter eurihalino y euritermo de la especie. En el perfil vertical se situaba preferentemente sobre la haloclina. La población estuvo compuesta mayoritariamente por nauplios y sólo en las pocas de máximos de población adquirieron los copepoditos y adultos densidades importantes (Fig. 1). La densidad fue mínima entre los meses de noviembre de 1980 y febrero de 1981, coincidiendo con las temperaturas mínimas y un ascenso de la haloclina en febrero. En el mes de mayo de 1981 se produjo un crecimiento de la población que fue más acusado en las estaciones 1 y 2, en las cuales la densidad media se situó alrededor de 20 ind/l. Al final de junio de 1981, ya en época de estratificación, se alcanzó un primer máximo estival, con densidades de 100 ind/l en la estación 1. Tras una ligera disminución de la densidad en septiembre de 1981, se produjo un fuerte crecimiento a mediados de octubre

**Tabla 1.** Crustáceos, poliquetos, nemátodos y protozoos hallados en el plancton del Estany de Cullera. Se indica la estación del año y punto de muestreo en que han aparecido y en donde se han alcanzado mayor abundancia (subrayados), su densidad media cuando han estado presentes y rango de temperatura y conductividad en los momentos de mayor densidad o durante su período de aparición, en el caso de las especies poco abundantes (\*). (P, primavera; V, verano; O, otoño; I, invierno; Prn, perenne). *Crustaceans, polychaetes, nematodes and protozoa found in the plankton of the Estany de Cullera lagoon. The following data are indicated: season of the year and sampling point when and where the species occurred and when and where they reached peak abundance (underlined), mean density when present, temperature and conductivity range during population peaks only or when ever present, in the case of the minor species (\*).* (Sp, Spring; S, Summer; A, Autumn, W, Winter; Prn, perennial).

Especies	Ocurrencia (%)	Estación del año	Punto de muestreo	Densid. (ind/l)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)
<b>COPEPODOS</b>						
<i>Calanipeda aquae-dulcis</i>	91.3	Prn ( <u>O</u> )	1, <u>2</u> , 3	25.6	22	6.3-29.6
<i>Acanthocyclops robustus</i>	79.0	<u>V</u> , O, I	1, 2, <u>3</u>	22.3	22-26	1.1-4.5
<i>Metacyclops minutus</i>	16.0	<u>P</u>	1, 2, <u>3</u>	6.7	21	1.8
<i>Ergasilus sieboldi</i>	14.8	Prn ( <u>O</u> )	1, <u>2</u> , 3	0.2	23	26
<i>Halicyclops neglectus</i>	5.5	<u>P</u>	1, <u>2</u> , 3	0.4	16	32.1
<i>Euterpina acutifrons</i> *	6.1	O, I, P	1, <u>2</u> , 3	0.2	13-20	32.6-48.9
<i>Horsielia sp</i> *	3.7	O, I, P	1, 2, 3	0.5	15	32.6-49.6
<i>Harpacticus littoralis</i> *	0.6	O	1	0.1	—	—
<i>Nitocra sp</i> *	4.9	P, V, O	2	0.2	19-26	1.7-2.6
<i>Acartia clausi</i> *	3.7	O, I	2, 3	0.2	14-20	39.6-50.2
<i>Acartia grani</i> *	1.8	O	1, 2	0.2	18-22	29.6-47.6
<i>Oithona nana</i> *	8.6	O, I, P	1, 2, 3	0.2	13-21	32.1-50.2
<b>CLADÓCEROS</b>						
<i>Moina micrura</i>	27.7	<u>V</u>	1, <u>2</u> , 3	7.8	26-30	2-8.8
<i>Bosmina longirostris</i> *	2.4	P, O	1, 2, 3	0.2	18-22	1.7-2
<i>Macrothrix hirsuticornis</i> *	1.8	P	2, 3	0.2	20-22	1.7-3.5
<i>Alona rectangula</i> *	1.8	P	2, 3	0.2	20-22	1.7-2
<i>Leydigia acanthocercoides</i> *	1.2	V	2	0.2	22-26	1.1-10.5
<i>Leydigia leydigi</i> *	0.6	V	2	0.1	22	18.9
<b>OSTRÁCODOS*</b>	1.8	V, O	2, 3	0.2	26	1.1
<b>CIRRÍPEDOS (nauplios)*</b>	2.4	O	1, 2	0.3	18-23	26-47.6
<b>POLIQUETOS</b>						
<i>Ficopotamus enigmaticus</i> (larvas)	42.5	Prn ( <u>O</u> )	1, <u>2</u> , 3	23.4	23	26-29
<b>NEMÁTODOS</b>	32.0	Prn ( <u>O</u> )	1, 2, <u>3</u>	0.3	9	1.3
<b>PROTOZOOS</b>						
Tintinnida	3.0	I	1, <u>2</u> , 3	2.4	13	41.9
Euplotidae	39.5	Prn ( <u>O</u> )	1, 2, <u>3</u>	79.4	21	9
Arcellidae	33.9	Prn ( <u>V</u> )	1, 2, <u>3</u>	0.4	26	1.2
Halteriidae	36.4	Prn ( <u>V</u> )	1, <u>2</u> , 3	4.0	22	9

estacion 2. La mayor densidad se registro en julio de 1982 (70 ind/l).

También fueron identificados los cladóceros *Bosmina longirostris*, *Macrothrix hirsuticornis*, *Alona rectangula*, *Leydigia acanthocercoides* y *Leydigia leydigi*. Estas especies han aparecido siempre con baja densidad y, preferentemente, en

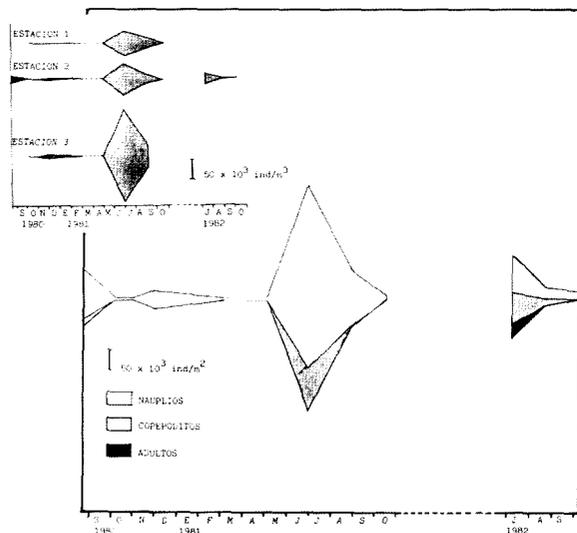
primavera y verano, en las estaciones 2 y 3, a salinidades bajas e inferiores, en general, a aquellas en que hacen los copépodos (Tabla 1).

#### Otros crustáceos

Fueron encontrados escasos ejemplares del orden Ostracoda en muestras de verano y otoño

siguiente, alcanzándose en las estaciones 1 y 2 densidades en torno a 200 ind/l. Durante el verano y otoño de 1982 *C. aquae-dulcis* siguió una evolución semejante a la de años anteriores, es decir, una disminución de la población hacia finales de verano (agosto) y un nuevo aumento en octubre.

- *Acanthocyclops robustus*. La población estaba compuesta mayoritariamente por nauplios, habiéndose encontrado muy pocos copepoditos y adultos (Fig. 1). Estos últimos solo aparecieron en los meses estivales y generalmente en bajo número, del orden de 1-2 por cada 10 litros. Únicamente en el mes de julio de 1982, en la estación 2, aumentó su presencia, observándose densidades de 5 a 10 ind/l. Este año presentó una pluviosidad mayor que los anteriores y la mayor afluencia de aguas dulces cargadas de nutrientes aumentó el nivel trófico. La especie apareció con mayor abundancia en la estación 3, menos influenciada por la intrusión marina que las estaciones 1 y 2 (Fig. 2). Las mayores densidades, de 120 a 380 ind/l, se observaron en verano, con una temperatura de 22 a 26°C



**Figura 2.** Dinámica de la población de *Acanthocyclops robustus* en la estación 2 (ind/m<sup>2</sup>). En la parte superior se ha representado la variación de la densidad media (ind/m<sup>3</sup>) en las tres estaciones de muestreo. Population dynamics of *Acanthocyclops robustus* at station 2 (ind/m<sup>2</sup>). The top part shows mean density (ind/m<sup>3</sup>) at the three sampling stations.

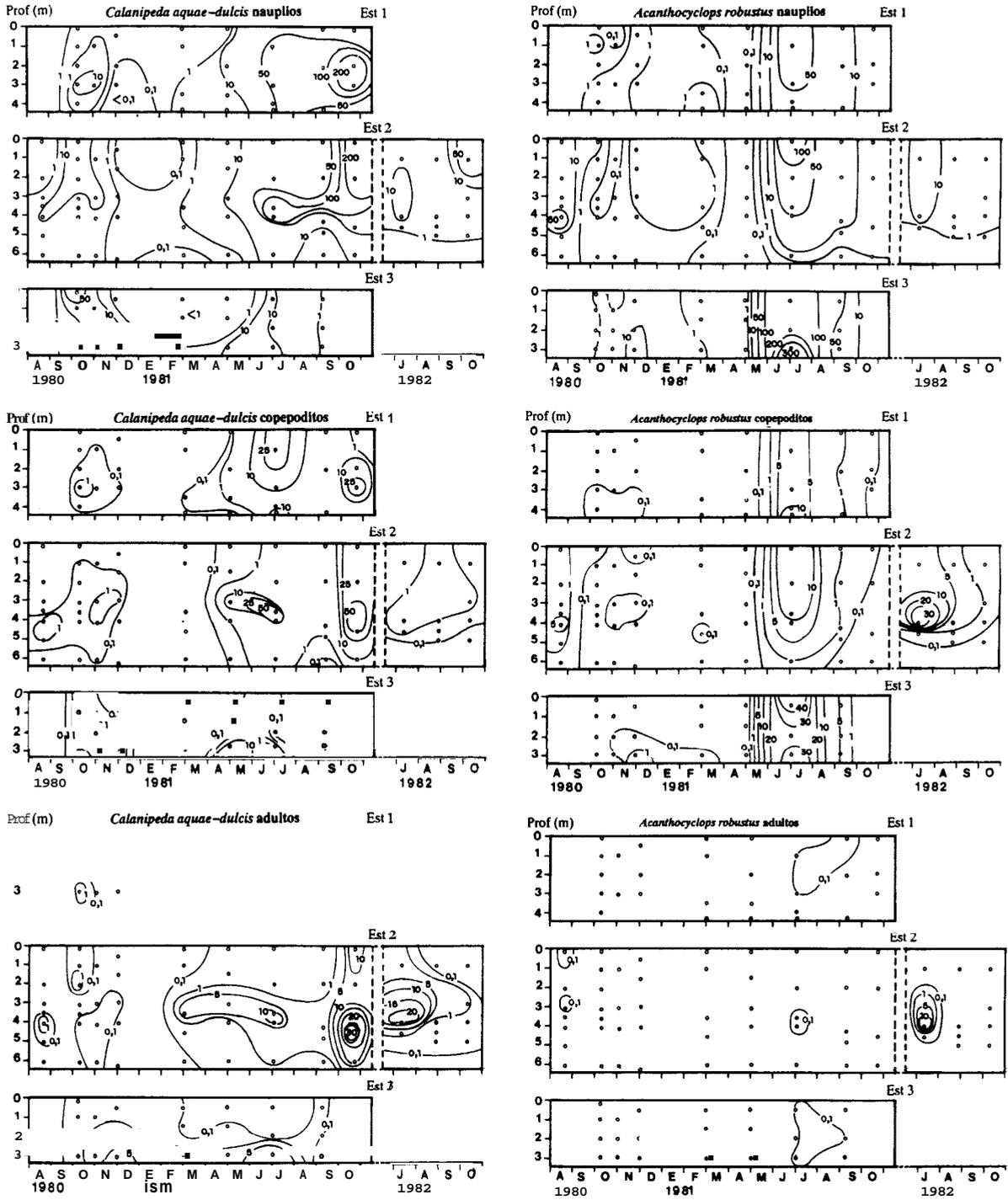
y conductividad de 1.1 a 4.5 mS/cm. Por lo tanto *A. robustus*, aunque ha sido hallada a conductividades muy variables, de 1.1 a 52.7 mS/cm (Tabla 1), parecía alcanzar sus mayores densidades a una conductividad inferior a la que lo hacía el otro copépodo dominante, *C. aquae-dulcis*, y además presentaba sus máximos en verano, mientras que el calanoide lo hacía en otoño.

- *Metacyclops minutus*. Únicamente apareció en el mes de mayo de 1981. La población estaba compuesta mayoritariamente por nauplios y, en menor proporción, por copepoditos, siendo muy raros los adultos. Resultó más abundante en la estación 3, en donde alcanzó densidades de 10 a 25 ind/l (Fig. 3). No se encontraron ejemplares en muestreos posteriores, porque es una especie de diapausa estival (Pont 1977), propia de ambientes temporales que se desarrolla en los arrozales cercanos en primavera (Alfonso, 1996).

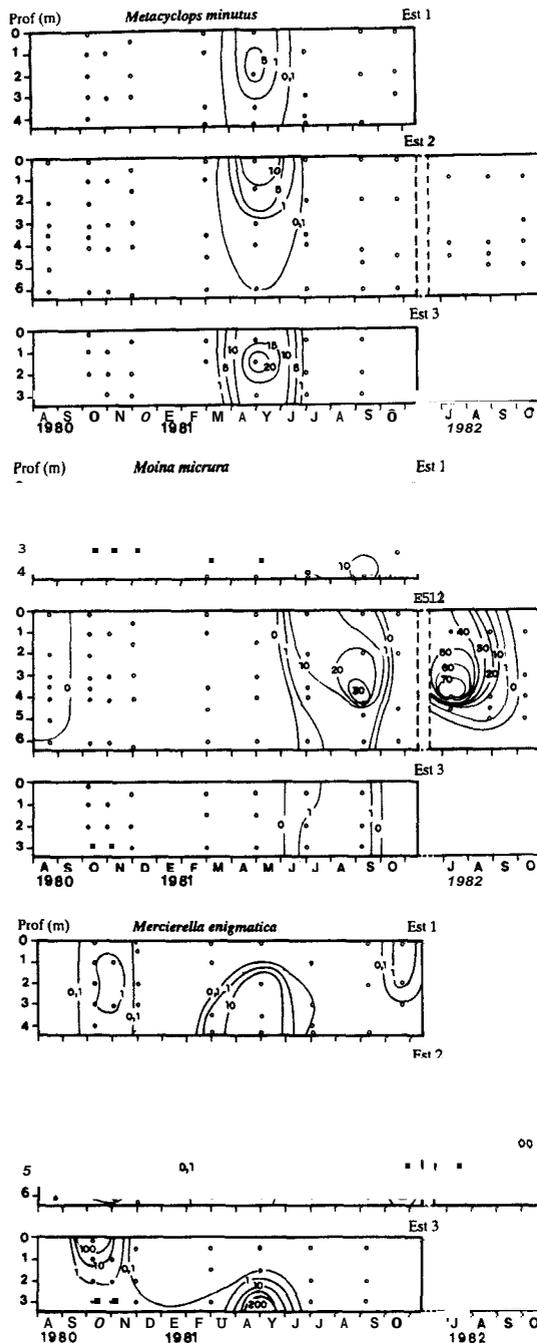
Acompañando a las especies dominantes aparecieron otras, generalmente en muy bajas densidades, con poca frecuencia y en momentos puntuales del ciclo anual (Tabla 1). Destaca por su mayor ocurrencia *Ergasilus sieboldi*, cuyas hembras son ectoparasitos de peces de aguas dulces y salobres, siendo los machos, nauplios y copepoditos de vida libre (Fryer, 1978). En el Estany se ha encontrado a lo largo de todo el ciclo anual pero siempre en baja densidad. Las especies *Euterpina acutifrons*, *Acartia clausi*, *Acartia grani* y *Oithona nana* son marinas. Aparecieron en otoño e invierno, cuando la entrada de agua de mar era más intensa y la salinidad más alta y lo hicieron a densidades bajas, nunca superiores a 1 ind/l (Tabla 1). También se han encontrado ocasionalmente en el plancton especies de hábitos benthicos o litorales como *Halicyclops neglectus* y *Harpacticus littoralis* y especies de los géneros *Horsfieldia* y *Nitocra*, que son considerados como eurihalinos y propios de aguas salobres de salinidad variable (Margalef, 1953; Dussart, 1967). Aparecieron con más frecuencia en otoño e invierno, cuando la salinidad del agua era mayor.

### Cladóceros

- *Moina micrura*. Únicamente apareció en verano (Fig. 3), siendo más abundante en la



**Figura 1.** Distribución de la densidad de población (ind/l) en función del tiempo y la profundidad en las tres estaciones de muestreo (Est.1, Est.2 y Est.3), de los nauplios, copepoditos y adultos de las especies *Calanipeda aquae-dulcis* (izquierda) y *Acanthocyclops robustus* (derecha). Seasonality and depth distribution (ind/l) of nauplii, copepodites and adults of *Calanipeda aquae-dulcis* (left) and *Acanthocyclops robustus* (right) in the three sampling points (Est.1, Est.2 y Est.3).

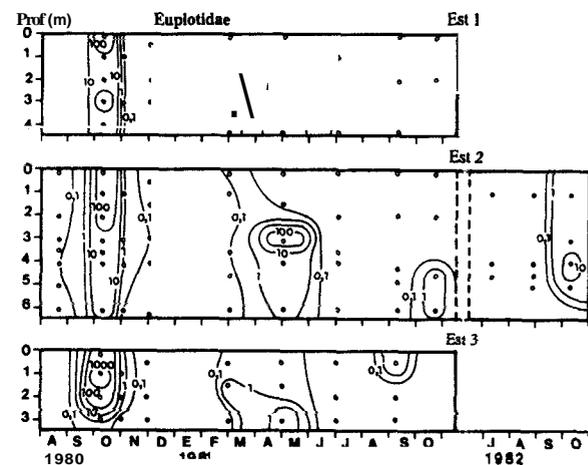


**Figura 3.** Distribución de la densidad de población (ind/l) en función del tiempo y la profundidad, de *Metacyclops minutus* (arriba), *Moina micrura* (centro) y larvas de *Ficopotamus enigmaticus* (*Mercierella enigmatica*) (abajo) en las tres estaciones de muestreo (Est. 1, Est. 2 y Est. 3). *Distribution of densities (ind/l) according to time and depth of species Metacyclops minutus (top), Moina micrura (middle) and Ficopotamus enigmaticus larvae (Mercierella enigmatica) (bottom) in the three sampling points (Est. 1, Est. 2 y Est. 3).*

en las estaciones 2 y 3, siempre a una conductividad no superior a 1.1 mS/cm. En otoño también aparecieron escasos nauplios de cirripedos, en las estaciones 1 y 2, con una conductividad de 26 a 47.6 mS/cm (Tabla 1).

### Poliquetos

En los fondos próximos a la desembocadura (estación 1) existían colonias del poliqueto *Ficopotamus enigmaticus* (Fauvel, 1923), descrito por este autor como *Mercierella enigmatica*, designándose con este último nombre en muchos trabajos. Parece que las larvas, de vida planctónica, eran arrastradas al interior de la laguna por las corrientes de agua marina que penetraba en profundidad, sobre todo en el semestre frío de mediados de otoño a mediados de primavera, ya que se encontraban en grandes concentraciones en el extremo final de la cola de la laguna. En el plancton fueron encontradas con mayor abundancia en este periodo, pero también en el resto del ciclo anual, y preferentemente en las estaciones 2 y 3 (Fig. 3). En mayo de 1981 se observó en la estación 3 un máximo en profundidad de 235 larvas/l, siendo la temperatura del agua de 17°C y la conductividad de 30.7 mS/cm.



**Figura 4.** Distribución de la densidad de población (ind/l) en función del tiempo y la profundidad, de los ciliados de la familia Euplotidae (*Euplotes* sp) en las tres estaciones de muestreo (Est. 1, Est. 2 y Est. 3). *Distribution of densities (ind/l) according to time and depth of ciliates Euplotidae (Euplotes sp) in the three sampling points (Est. 1, Est. 2 y Est. 3).*

### Nematodos

Se han encontrado nematodos en bajas densidades, generalmente inferiores a 1 ind/l, en numerosas muestras repartidas en todo el periodo de estudio. Aparecieron con mayor frecuencia en la estación 3 y en otoño (noviembre de 1981), observándose densidades de hasta 1 ind/l, cuando la temperatura del agua era de 9°C y la conductividad de 1.3 mS/cm (Tabla 1).

### Protozoos

- Género *Euplotes*. Estos ciliados planctónicos distribuidos por aguas marinas y dulces (Corliss, 1979), eran muy abundantes en el Estany (Fig. 4). Las máximas densidades se observaron en octubre de 1980: 1650 ind/l en la estación 3. En mayo de 1981 se observaron densidades de 170 ind/l en la estación 2, a 16°C y conductividad de 30.9 mS/cm.

- Orden *Tintinnidu*. Se detectaron en invierno, en las tres estaciones de muestreo y en capas de elevada salinidad, a más de 3 m de profundidad. En la estación 2 se observaron densidades de 5 ind/l, con una temperatura de 13°C y conductividad de 41.9 mS/cm.

- Familia *Hulteriidae*. Estos ciliados aparecieron durante todo el periodo de estudio. Las ma-

yores densidades (80 ind/l) se observaron en julio de 1982 en la estación 2, con temperatura de 22°C y conductividad de 43 mS/cm.

- Género *Arcella*. Fueron encontrados ejemplares a lo largo de todo el periodo de estudio, aunque generalmente a densidad inferior a 1 ind/l. En la estación 3 aparecieron con más frecuencia, observándose en septiembre de 1981 densidades de 1 a 2.5 ind/l, con una temperatura en la columna de agua de 26°C y conductividad inferior a la que aparecían otros protozoos, 1.2 mS/cm.

### Densidad y Biomasa

En las tablas 2 y 3 se indica la densidad y biomasa medias para la columna de agua (desde la superficie hasta 4.5 m en la Est. 1, 6 m en la Est. 2 y 3.5 m en la 3) de los distintos grupos zooplanctónicos a lo largo del periodo de estudio. En los meses en que se dispone de muestras en las tres estaciones, se aprecia que, en general, copépodos, protozoos y larvas de poliquetos tendieron a ser más abundantes en la estación 3. Los cladóceros aparecieron con mayor densidad en la estación 2. Todos los grupos alcanzaron sus mayores densidades en verano o principios de otoño.

**Tabla 2.** Número medio de individuos en la columna de agua de cada grupo zooplanctónico en las diferentes estaciones de muestreo y a lo largo del periodo de estudio (ind/l). *Mean number of individuals in the water column in each zooplanktonic group at the different sampling stations throughout the study period (ind/l).*

	20/8/80	8/10/80	29/10/80	29/11/80	28/2/81	2/5/81	30/6/81	8/9/81	17/10/81	9/7/82	24/8/82	9/10/82
PUNTO 1												
Copépodos		9.4	11.2	3.2	3.1	26.1	137.3	66.3	199.8			
Cladóceros		0	0	0	0	0.1	1.3	8.3	0			
Protozoos	-	75.8	0.4	0.3	0.9	14.5	0.2	0	0.3			
Poliquetos		0.7	3.9	0.1	3.0	57.2	0.1	0.1	0.9			
PUNTO 2												
Copépodos	23.1	13.5	5.5	8.2	3.1	19.8	130.5	56.6	227.1	50.3	10.4	32.6
Cladóceros	0.1	0	0	0	0	0.1	7.8	17.6	0	30.6	8.0	0
Protozoos	0.7	240.5	1.9	0.5	3.0	21.1	0.1	0	0.9	23.8	0	10.5
Poliquetos	0.1	0.8	2.6	0.1	4.5	26.2	0.1	0.1	3.8	0	0	90.6
PUNTO 3												
Copépodos	-	21.1	16.2	22.6	2.7	30.9	237.2	54.5				
Cladóceros		0	0	0.1	0	0.3	1.5	1.6				
Protozoos	-	631.9	1.7	0.7	1.4	9.7	0.2	2.3				
Poliquetos	-	23.3	1.1	0.5	0.3	85.1	0.1	0.3				

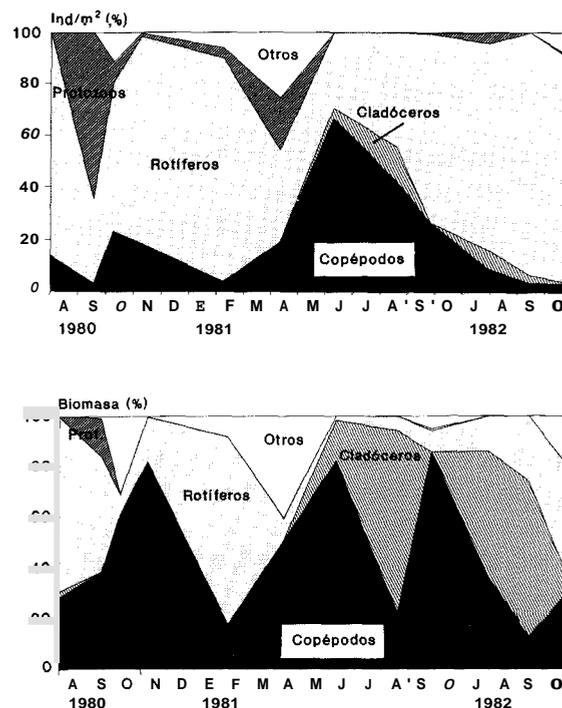
**Tabla 3.** Biomasa media en  $\text{mg}/\text{m}^3$  en la columna de agua de los grupos zooplanctónicos indicados, a lo largo del periodo de estudio, en las tres estaciones de muestreo. *Mean biomass (in  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) for the water column of the zooplanktonic groups, throughout the study at the three sampling stations.*

	20/8/80	8/10/80	29/10/80	29/11/80	28/2/81	2/5/81	30/6/81	8/9/81	17/10/81	9/7/82	24/8/82	9/10/82
<b>Estación 1</b>												
Copépodos	-	64.6	53.6	3.3	-	331.4	829.2	118.2	736.4			
Cladoceros		0	0	0	-	0.3	26.4	345.8	0			
Protozoos	-	10.2	0.1	0.1	-	1.0	0.1	0	0			
Poliquetos	-	1.2	46.5	0.1	-	593.8	0.9	0.1	6.1			
<b>Estacion 2</b>												
Copepodos	37.9	81.0	63.8	32.7	-	343.5	799.9	228.6	3255.7	886.9	52.0	163.1
Cladóceros	3.3	0	0	0	-	0.2	155.2	731.2	0	1214.0	246.6	0
Protozoos	0.1	32.3	0.2	0.1	-	2.6	0.1	0	0.1	0.7	0	1.4
Poliquetos	0.1	1.4	32.2	0.1	-	271.8	0.1	0.1	25.9	0	0	109.5
<b>Estación 3</b>												
Copépodos	-	70.9	270.1	410.5	-	357.3	467.9	40.2				
Cladoceros		0	0	0.3	-	2.7	28.9	66.9				
Protozoos	-	39.8	14.4	0.8	-	1.2	0.1	0.2				
Poliquetos	-	84.9	0.2	0.1	-	876.6	0.1	0.3				

En cambio los valores mínimos se registraron a finales de otoño (noviembre de 1980) y en invierno (febrero de 1981). Las mayores densidades las alcanzaron protozoos y copépodos: 631 ind/l (octubre 1980) y 227 ind/l (octubre 1981), respectivamente. Cladoceros y larvas de poliquetos registraron densidades algo menores: 30 ind/l (julio 1982) y 90 ind/l (octubre 1982), respectivamente.

Los valores máximos de biomasa coincidieron con los valores máximos de densidad en cada grupo, excepto en el caso de los poliquetos. Estos alcanzaron el valor máximo ( $876 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) en mayo de 1981 en la estación 3, debido al mayor tamaño de las larvas ese mes. Los copépodos y cladoceros alcanzaron unos valores máximos de 4.2 y  $1.2 \text{ g}/\text{m}^3$ , respectivamente, muy por encima de los máximos de los otros grupos. En el caso de los protozoos la biomasa máxima fue  $39 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

La figura 5 muestra la contribución relativa de cada grupo zooplanctónico (incluyendo los rotíferos) a la densidad y biomasa total. Puede apreciarse que aunque numericamente los rotíferos solían ser el grupo dominante, en términos de biomasa eran los copepodos los más importantes. Los cladoceros cuando aparecían contribuían de manera notable a la biomasa, debido a



**Figura 5.** Contribución relativa de cada grupo zooplanctónico al número total de individuos (arriba) y a la biomasa (abajo) en toda la columna de agua de la estación 2. *Relative contribution of each zooplanktonic group to the total number of individuals (top) and to the biomass (bottom) in all the water column at station 2.*

**Tabla 4.** Coeficientes de correlacion estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ), tras la corrección de Bonferroni (Rice, 1988), entre las especies que se indican y la temperatura y conductividad. Con un asterisco se señalan los coeficientes altamente significativos ( $p < 0.01$ ). *Statistically significant correlation coefficients ( $p < 0.05$ ), after Bonferroni correction (Rice, 1988), between density of the species indicated or temperature and conductivity. Highly significant coefficients ( $p < 0.01$ ) are indicated with an asterisk.*

	Temp.	Conduc.
<i>Calanipeda aquae-dulcis</i>	0.49''	
<i>Acanthocyclops robustus</i>	0.35*	-0.35''
<i>Metacyclops minutus</i>		
<i>Moina micrura</i>	0.52''	-0.28''
<i>Mercierella enigmatica</i>		0.43''
<i>Euplotes sp.</i>		0.20

su tamaño. Los protozoos fueron numericamente importantes al final del verano de 1980, pero nunca tuvieron repercusión destacable en la biomasa. Las larvas de poliqueto adquirían mayor importancia relativa en otoño y primavera.

#### Distribución vertical y ciclo anual

En la Tabla 4 se muestran las correlaciones de las especies más abundantes con la temperatura y la conductividad. En el ciclo anual la conductividad aumentaba en el semestre frío de mediados de otoño a mediados de primavera y en el perfil vertical aumentaba con la profundidad, de modo que las especies que presentan correlaciones positivas con este parámetro, es porque eran más abundantes en el periodo frío o porque en la columna de agua se situaban sobre la haloclina.

En verano las especies características eran *Acanthocyclops robustus* y *Moina micrura*, distribuidas entre las capas superficiales y la haloclina (correlación negativa con la conductividad). También estaba presente *Calanipeda aquae-dulcis*, especie que alcanzaba su mayor desarrollo en otoño, en las capas de la haloclina. En la misma estación y en las capas situadas sobre la haloclina (correlación positiva con la conductividad) alcanzaban sus máximos las larvas del poliqueto *F. enigmatica* y los ciliados del género *Euplotes*.

En invierno había pocas especies en el plancton y aparte de la perenne *C. aquae-dulcis* merecía destacarse la aparición de los copepodos marinos *Acartia clausi* y *Oithona nana*. En primavera destacaba la aparición del copépodo *Metacyclops minutus*, en aguas superficiales, y los nuevos máximos de *F. enigmatica* y ciliados *Euplotes sp.* sobre la haloclina.

#### DISCUSIÓN

La entrada periódica de agua de mar en el Estany de Cullera y la presencia constante de una capa salada en el fondo, favorecía la aparición de especies eurihalinas o marinas. Entre éstas últimas cabe citar los copépodos *Euterpina acutifrons*, *Acartia clausi*, *A. grani*, *Oithona nana*, larvas del poliqueto *F. enigmatica*, ciliados del género *Euplotes* y nauplios de cirripodos. Es de destacar el transporte a 10 largo de toda la laguna, más de 2 Km aguas arriba, de todos estos organismos, encontrándose en concentraciones incluso mayores en la estación 3, en el extremo próximo al río.

Merece destacarse la presencia del copépodo eurihalino y euritermo *Calanipeda aquae-dulcis*, de distribución circum-mediterránea. En España esta especie ha sido encontrada en aguas litorales, pero no en el interior peninsular. Se ha citado en humedales de Cataluña y Menorca (Margalef, 1953; Chinchilla & Comin, 1977; Forés *et al.*, 1986), estuario del río Guadalquivir (Guisande *et al.*, 1986) y en varios humedales levantinos (Oltra & Armengol-Díaz, 1999). La especie *Acanthocyclops robustus* además de ser frecuente en lagunas litorales (Oltra & Miracle, 1992), también se encuentra en embalses, muchas veces como especie dominante (Armengol, 1978, 1980).

Se ha confirmado el carácter termófilo de la especie *Moina micrura*, la cual solo ha aparecido en la estación cálida. Su presencia en el Estany en aguas relativamente saladas (densidades de hasta 16 ind/l a salinidades de 21 ‰), así como en lagunas costeras del Delta del Ebro a salinidades de 5 ‰, contrasta con la baja salinidad de los embalses y lagunas interiores donde está presente (Armengol, 1978; Alonso, 1985). Todas las

demás especies de cladóceros acompañantes (Tabla 1), han sido encontradas con anterioridad en lagunas costeras mediterráneas (Arévalo, 1916; Blanco, 1976; Forés *et al.*, 1986; Oltra & Miracle, 1992), lagunas interiores (Alonso, 1985) y, excepto *Leydigia acanthocercoides*, también en embalses (Armengol, 1978). Son especies de distribución cosmopolita y generalmente de hábitos bénticos (Margalef, 1953; Flossner, 1972; Alonso, 1985).

El poliqueto *Ficopotamus enigmaticus* es originario de las regiones australes subtropicales pero llegado al Mediterráneo a través del Canal de Suez, ha colonizado recientemente con éxito las zonas eutróficas del litoral mediterráneo. En España ha sido citada en el Grao de Gandia (Rioja, 1931), el Mar Menor (García Carrascosa, 1979) y las Albuferas de Mallorca y Menorca (Martínez-Taberner *et al.*, 1993).

A pesar de que las muestras de zooplancton se filtraron por mallas de 45 µm, por tanto no adecuadas para la recolección de protozoos, en muchas ocasiones se observaron elevadas densidades de ciliados, por lo que cabe pensar que su abundancia en el plancton podría ser elevada. La mayoría eran del género *Euplotes*, perteneciente a la familia Euplotidae, ampliamente distribuida por todo el mundo, con preferencia en aguas marinas (Corliss, 1979).

Los crustáceos del zooplancton del periodo estival de influencia continental son característicos de las lagunas litorales eutróficas que reciben aguas de excedentes de cultivo, en gran parte de arrozales. La presencia de *M. minutus*, *A. robustus* y *M. micrura*, va ligada a estos ambientes y la dominancia de estos organismos depende de la mayor afluencia de dichas aguas, por ello se favorecen estas especies en los años sin restricciones de regadío. Ciclos similares con periodos de mayor o menor influencia marina durante otoño invierno y primavera suceden en las lagunas del Delta del Ebro (Menéndez & Comin, 1986), observándose una alternancia entre las especies *C. aquaedulcis* y *A. robustus* similar a la observada en Cullera y dependiendo la mayor o menor presencia de *A. robustus* de la diferente importancia de la afluencia de las aguas conti-

mentales en las distintas lagunas o canales. En lagunas como la Albufera de Menorca (Pretus, 1989) no sometidas a un régimen dominado por los regadíos, la salinidad es más alta y con un ciclo anual diferente, incrementándose en general en verano, de manera que la composición específica de los crustáceos planctónicos es totalmente diferente.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio estaba integrado en un proyecto de investigación (nº 3778/79) financiado por la CAICYT. Agradecemos a Eduardo Vicente, Carles Abellà y Ricard Guerrero la colaboración en la toma de muestras y medidas de variables *in situ*.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALFONSO, M.T. & M.R. MIRACLE. 1990. Distribución espacial de las comunidades zooplánctónicas de la Albufera de Valencia. *Scientia gerundensis*, 16: 11-25.
- ALFONSO, M.T. & M.R. MIRACLE. 1996. *Estudio de las comunidades zooplánctónicas de los ecosistemas acuáticos del Parque Natural de la Albufera de Valencia. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia*. 310 pp.
- ALONSO, M. 1985. *Las lagunas de la España peninsular: taxonomía, ecología y distribución de los cladóceros*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 79,5 pp.
- AREVALO, C. 1916. Introducción al estudio de los cladóceros del plancton de la Albufera de Valencia. *Anales del Instituto General y Técnico de Valencia*. Vol. I, (1), 6,5 pp.
- ARMENGOL, J. 1978. Los crustáceos del plancton de los embalses españoles. *Oecologia aquatica*, 3: 3-96.
- ARMENGOL, J. 1980. Colonización de los embalses españoles por crustáceos planctónicos y evolución de la estructura de sus comunidades. *Oecologia aquatica*, 4: 45-70.
- BIANCHI, C.N. 1981. Policheti Serpuloidei. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere italiane. *Consiglio Nazionale delle Ricerche AQ/1/96*. 5, 187 pp.

- BLANCO, C. 1976. *Estudio de la contaminación de la Albufera de Valenciay de los efectos de dicha contaminación sobre la fauna y flora del lago*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, 193 pp.
- CARRILLO, P., L. CRUZ-PIZARRO, R. MORALES & P. SANCHEZ-CASTILLO. 1987. Cambios estacionales en las comunidades de fitoplancton y de zooplancton de la Albufera de Adra. *Limnetica*, 3: 243-254.
- CHAMPEAU, A. 1970. *Recherches sur l'écologie et l'adaptation a la vie lutente des copepodes des eaux temporaires provençales et corses*. Tesis Doctoral, Universidad de Marsella.
- CHINCHILLA, M. & F.A. COMIN. 1977. Contribucio al coneixement dels crustacis del Delta de l'Ebre. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 8: 119-144.
- CORLISS, J.O. 1979. The ciliated Protozoa. Characterization, Classification and Guide to the Literature. 455 pp.
- CURDS, C.R. 1982. British and other freshwater ciliated protozoa. Part 1 Ciliophora: Kinetofragminophora. *Synopses of the British Fauna*, 22. D.M. Kermack & R.S.K. Barnes (eds.). 387 pp.
- DUSSART, B. 1967. *Les copepodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome I: Calanoïdes et Harpacticoïdes*. Boubée et Cie Ed. Collection "Faunes et flores actuelles". Paris. 500 pp.
- DUSSART, B. 1969. *Les copepodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome II: Cyclopoïdes et Biologie*. Boubée et Cie Ed. Collection "Faunes et flores actuelles". Paris. 292 pp.
- EDMONDSON, W.T. 1971. Methods for processing samples and developing data. Cap. 2: 127-169. En: *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. W.T. Edmondson & G.G. Winberg (eds.). IBP Handbook no. 17. Oxford: Blackwell.
- FAUVEL, P., 1923. Un nouveau serpulien d'eau saumâtre *Mercierella* n.g. *enigmatica* n. sp.. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 46: 424-430.
- FLOSSNER, D. 1972. *Krebstiere, Crustacea. Kiemen- und Blattfüsser, Branchiopodu; Fischlause, Branchiura*. Tierwelt Deutschlands, 60: 1-501.
- FORÉS, E., M. MENÉNDEZ & F.A. COMÍN. 1986. Contribución al conocimiento de crustáceos y rotíferos del Delta del Ebro. *Misc. Zool.*, 10: 105-111.
- FRYER, G. 1978. Free-living stages of freshwater parasitic copepoda. In: *Das zooplankton der binnengewässer*, 2 Teil: 1-343 (die Binnengewässer 26, 2 Teil). Schweizerbart, Stuttgart.
- GARCIA CARRASCOSA, A.M. 1979. Contribucion al conocimiento del bentos del Mar Menor: poblamientos bentónicos de las islas Perdiguera, Redonda y del Sujeto. Estudio descriptivo y cartografía bionómica. *Primer simposio de Bentos, San Sebastian, 9-11 Abril, 1979*.
- GUISANDE C., T. LOPEZ & J. TOJA. 1986. Zooplancton del estuario del río Guadalquivir. *II Simposio del Agua en Andaluciu*, Vol I: 361-372.
- KIEFER, F. 1978. Freilebende Copepoda. In: *Das Zooplankton der Binnengewässer* (2):
- KUDO, R.R. 1976. *Protozoología*. C.E.C.S.A. México. 905 pp.
- MARGALEF, R. 1953. *Los crustáceos de las aguas continentales ibéricas. Biología de las aguas continentales X*. Min. Agricultura. Inst. For. Inv. Exp., Madrid, 243 pp.
- MARINEZ-TABERNER, A. V. FORTEZA & J.J. FORNÓS. 1993. Colonization, structure and growth of *Ficopotamus enigmaticus* cf. Ten Hove & Weerdenburg (Polychaeta, Serpulidae) in the Albufera of Menorca, Balearic Islands. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25: 1031-1034.
- MENENDEZ, M. & F.A. COMIN. 1986. Variacion estacional del zooplancton en las lagunas costeras del Delta del Ebro (N.E. España). *Oecologia Aquatica*, 8: 47-60.
- MIRACLE, M.R. & E. VICENTE. 1983. Vertical distribution and rotifer concentrations in the chemocline of meromictic lakes. *Hydrobiologia*, 104: 259-267.
- MIRACLE, M.R. & E. VICENTE. 1985. Phytoplankton and photosynthetic sulphur bacteria production in the meromictic coastal lagoon of Cullera (Valencia, Spain). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 2214-2220.
- OLTRA, R. 1993. *Estudio del zooplancton de dos lagunas litorales mediterraneas: El Estany de Cullera y la Albufera de Valencia*. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia. 437 pp.
- OLTRA, R. & X. ARMENGOL-DIAZ 1999. Limnología de los humedales valencianos susceptibles de albergar samaruc y fartet: (11) zooplancton. En: *Monografía sobre los peces ciprinodóntidos ibéricos fartet y samaruc*. Generalitat Valenciana (ed.). Colección Biodiversidad nº 5: 79-97
- OLTRA, R. & M.R. MIRACLE 1992. Seasonal succession of zooplankton populations in the hypertrophic lagoon Albufera of Valencia (Spain). *Arch. Hydrobiol.*, 124: 187-204.
- OLTRA, R. & M.R. MIRACLE, 2000a. Variación espacio-temporal de las poblaciones de rotíferos de la

- laguna meromictica Estany de Cullera (Valencia). *Limnetica*, 19:39-52.
- OLTRA, R. & M.R. MIRACLE, 2000b. Estructura de la comunidad zooplanctónica de la laguna meromictica Estany de Cullera (Valencia). *Limnetica*, 19:67-82.
- PONT, D. 1977. Structure et évolution saisonnière des populations de copépodes, cladocères et ostracodes des rizières de Camargue. *Annls. Limnol.*, 13: 15-28.
- PRETUS, J.L. 1989. Limnología de la Albufera de Menorca (Menorca, España). *Limnetica*, 5: 69-81.
- PRETUS, J.L., J. DE MANUEL & L. CARDONA. 1992. Temporal heterogeneity, zooplankton composition and fish food supply in the Albufera of Minorca, a highly fluctuant environment. *Bulletin de l'Institut océanographique*, Monaco, n° spécial 11: 179-188.
- RICE, W.R. 1988. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, 43 (1): 223-225.
- RIOJA, E. 1931. Estudio de los poliquetos de la península Iberica. *Mem. Acad. Cienc. Madrid, ser. Cien. Nat.*, 2:1-471.
- ROJO, C. & M.R. MIRACLE. 1984. Fluctuación estacional de las poblaciones fitoplanctónicas del Estany de Cullera (Valencia). *Anales de Biología*, 2 (Sec. Esp., 2): 161-168.
- ROJO, C. & M.R. MIRACLE 1989. Phytoplankton fluctuations during an annual cycle in the coastal lagoon of Cullera (Spain). *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 74: 179-194.
- ROJO, C., M.R. MIRACLE & M. SERRA. 1986. Interrelacion entre las especies de microalgas halladas en el Estany de Cullera (Valencia). *Limnetica*, 2: 35-40.
- RUTTNER-KOLISKO, A. 1977. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8: 71-76.